Petrographisch-stratigraphische Studien

im oberschwäbischen Molassegebiet

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität zu Tübingen

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

vorgelegt

von

Karl C. Berz

aus Biberach/Riß.

Druck von C. Grüninger, K. Hofbuchdruckerei Zu Gutenberg
(Klett & Hartmann), Stuttgart 1915

Von der Fakultät angenommen den 26. November 1913.

Referent: Prof. Dr. Pompeckj.

Die Arbeit erscheint gleichzeitig in den Jahresheften des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 71. Jahrg., 1915.

Seinen Eltern

in Dankbarkeit und Verehrung

gewidmet

vom Verfasser.

Sep.-Abdruck aus „Jahreshefte d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg". 71. Jahrg. 1915.

Petrographisch-stratigraphische Studien im oberschwäbischen Molassegebiet.

Mit Tafel X—XI.

Von **Karl C. Berz.**

Inhaltsübersicht.

Einleitung S. 276.
Die untere Süßwassermolasse S. 278.
Die Meeresmolasse: 1. Gegend von Biberach S. 290. — 2. Ochsenhausen S. 298.
Zusammensetzung der Sande im allgemeinen: 1. Mineral-Anteil S. 302. — 2. Hartgebilde organischen Ursprungs S. 312. — 3. Gerölle aus dem Muschelsandsteinhorizont von Äpfingen, Baltringen und Mietingen S. 314. — 4. Gerölle aus den marinen Sanden von Benken (Kanton Zürich) S. 324. — 5. Geschiebe aus den marinen Sanden von Lohn, Stetten und Büttenhard S. 329.
Zur Genesis der pisolithischen Gebilde S. 336.

Einleitung.

Erst im Laufe der 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts setzte die eigentliche systematische Untersuchung der stratigraphischen und paläontologischen Verhältnisse der Molasse Oberschwabens und der angrenzenden Gebiete ein. In dem 1850 erschienenen Katalog der Eser'schen Sammlung unterscheidet Dr. Reuss die beiden Abteilungen: Süßwasserkalk und Molasse; er beachtet somit nur die Eigenschaften des Materials der Schichten: Kalk, oder Sand und Mergel. In der Studie: „Zur naturhistorischen Kenntnis Ober-

schwabens", 1852, unterscheidet Rogg auch nur Geröll- und Sandablagerungen neben den Kalken, er verweist die gesamte Landschaft in das Diluvium und gliedert sie in ein oberes, mittleres und unteres Diluvium. Auf Bach's geognostischer Karte von Württemberg vom Jahre 1860 wird das ganze Oberschwaben ohne irgend eine Gliederung als Molasse oder Tertiär bezeichnet.

Schill, 1859, teilte in seiner Arbeit „Die Tertiär- und Quartärbildungen am nördlichen Bodensee und im Höhgau" die Molasseschichten in die obere und untere Süßwassermolasse, während er die Meeresmolasse nicht als selbständiges Formationsglied auffaßte, sondern als eine untergeordnete sporadische Fazies an die obere Süßwassermolasse angliederte. Leitende Fossilien kannte er nicht; er gründete seine Gliederung auf die Verschiedenheit des Schichtenmaterials und auf die Lagerung desselben.

Probst, der von dem Jahre 1852 bis zu seinem Lebensende 1904 sich mit der Geologie Oberschwabens befaßt hat, hat in den Jahren 1866—68 die Schichtenfolge im großen ganzen klargestellt. Er unterscheidet:

1. die untere Süßwassermolasse mit der Leitschnecke *Helix rugulosa*,
2. die Meeresmolasse,
3. die Brackwassermolasse,
4. die obere Süßwassermolasse mit der Leitschnecke *Helix sylvana*.

In der Folge hat er mit unermüdlichem Eifer und Gründlichkeit die Molasseschichten durchforscht, ihre Fossilien gesammelt, und in zahlreichen Abhandlungen sein wertvolles Material wissenschaftlich verarbeitet.

Oskar Fraas, Miller und Quenstedt bestätigten auf Grund eigener Untersuchungen in den folgenden Jahren die Probst'sche Auffassung, und auch Sandberger (1873) bestätigte nicht nur die von Probst aufgestellten Leitfossilien, sondern verallgemeinerte sie, und gab hiermit Anstoß zu neuen Untersuchungen in Bayern (Gümbel) und in Österreich (F. Suess).

Das sporadische Vorkommen von Braunkohle in der oberen Süßwassermolasse Oberschwabens erweckte die Hoffnung der oberschwäbischen Bevölkerung auf das Vorkommen abbauwürdiger Flöze. Im Auftrag der württembergischen Staatsregierung wurde daher auf die kundgegebenen Wünsche hin eine Stelle in der oberen Süßwassermolasse 1 km südlich des Klosters Ochsenhausen ausgewählt,

und am 1. August 1876 mit der Bohrarbeit begonnen (Meißelbohrung). Nach Überwindung zahlreicher Schwierigkeiten wurde die Bohrung bis zum Jahre 1884 fortgesetzt, und es wurde eine Tiefe von 736 m erreicht. Obwohl 270 m der unteren Süßwassermolasse durchteuft wurden, wurde die untere Grenze derselben nicht erreicht. Groß war die Enttäuschung über den ergebnislosen Verlauf der Bohrung, und auch die wissenschaftliche Ausbeute war ziemlich gering. Erst 1899 erschien von Prof. Miller eine Veröffentlichung über ihr Ergebnis.

Auf Anregung meines hochverehrten Lehrers Herrn Prof. Dr. von Koken unternahm ich eine Untersuchung des oberschwäbischen Tertiärgebiets, wobei ich mich eingehender mit den in den Oberämtern Riedlingen, Ehingen, Laupheim und Biberach zutage tretenden Molasseablagerungen beschäftigte. Die Bearbeitung des gesammelten Materials besorgte ich im mineralogisch-geologischen Institut der Technischen Hochschule in Stuttgart, und ich bin meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. A. Sauer für das meinen Untersuchungen entgegengebrachte Interesse und für die Förderung und Anregung, die meine Arbeiten durch ihn erfahren haben, ganz besonders zu Dank verpflichtet.

Wertvolle Anregung und Unterstützung bei meiner Arbeit fand ich bei Herrn Prof. Dr. Martin Schmidt, Herrn Prof. Dr. Miller, Herrn Carlo Jooss, Herrn Prof. Dr. Schad und Herrn Dr. Leuze. Herr Rektor Bruder in Biberach machte mir in liebenswürdigster Weise die Probst'sche Sammlung in Biberach zugänglich, und Herrn Ökonomierat Köstlin in Ochsenhausen verdanke ich die Überlassung der Bohrproben von der Tiefbohrung in Ochsenhausen. Allen diesen Herren sei hiermit mein herzlichster Dank ausgesprochen.

Die untere Süßwassermolasse.

In dem zum Oberamt Ehingen gehörigen Gebiet südlich der Donau und in dem angrenzenden Teil des Oberamts Biberach liegt, soweit sie nicht von diluvialen und alluvialen Gebilden bedeckt ist, untere Süßwassermolasse zutage. Gegen Westen ist sie bis zum Bussen hin verfolgbar; doch wird sie gegen diesen hin entlang der Richtung Unterwachingen—Ruppertshofen überlagert von den Geschieben des Rheintalgletschers. Im Süden wird sie von der Meeresmolasse überlagert, und im Osten bildet das Rißtal die orographische Grenze. Auf der rechten Seite des Rißtales treten die Schichten der unteren Süßwassermolasse nicht mehr zutage, wohl aber Marin, Brackwasserbildungen und obere Süßwassermolasse.

Durch die Bildung des Donautales ist der Zusammenhang der Schichtenglieder auf der nördlichen Seite der Donau gestört und unterbrochen. Doch läßt sich diese an die Verengerung des Tales bei Berg leicht beobachten: die hier am Abhang gegen die Donau anstehenden sogenannten *Rugulosa*-Kalke entsprechen denen am Schiff und der Donauhalde.

Bei Berg bietet sich nach Schad folgendes Profil:

(1) 489,6—511,5 weißliche bis bläulichschwarze *Rugulosa*-kalke,
(2) 511,5—522 grüngelbe geflammte Mergel,
(3) 522—533 Sande, Mergel und Letten.

Ein Bild der in (2) angegebenen Bildungen gibt das folgende, von Probst gelegentlich von Grabungen 1866 aufgenommene Profil bei Ober- und Unter-Griesingen:

Knollige Kalkbrocken	
Grünrote Mergel	0,86
Graue Mergel	1,15
Gelbrote Mergel	0,87
Rote Mergel mit *Helix rugulosa* und *Planorbis applanatus*	0,14
Grüne Mergel	0,14
Sand	
Grünliche sandige Schichten	0,86
Weiße Mergel	1,43
Schwarzgrüne Mergel	0,29
Süßwasserkalkplatte aussetzend	0,86

An zwei Stellen, am rechten Donauhang sind die *Rugulosa*-Kalke aufgeschlossen: bei Berg und am Ernsthof; am letzteren Ort ist der Bruch wieder verfallen. Das Gestein ist hier wie beim Schiff bei Ehingen als graulichweißer, kompakter, drusiger, oolithischer Kalk ausgebildet, während er bei Berg vor allem in dem unteren Teil mehr braunrot-rostfarben aussieht. Auf den Spalten finden sich tropfsteinartige Gebilde, und häufig noch größere Mengen von ausgeschiedenen Bitumen, das größere und kleinere Klumpen bildet. Im intakten Kalk findet sich das Bitumen meist in feinster Verteilung in Form von kleinen Flecken und Schnüren von kleinen Klümpchen. Es bedingt die teilweise graue Färbung dieser Kalke; sie erinnert an das ähnliche Auftreten von Schwefeleisen (Melnikowit), das in den marinen Ablagerungen neben organischer Substanz in feiner Verteilung die blauschwarze Farbe des Blauschlicks und die Farbe vieler blaugrauer Kalke, wie z. B. die des Muschelkalks und mancher jurassischer Kalke, hervorruft.

Während die Kalke in frischgebrochenem Zustand grauweiß gefärbt sind, werden sie an der Luft durch Ausscheidung des Bitumens tiefschwarz, erst mit der Zeit geht die tiefschwarze Färbung wieder in hellgrau über. Die Kalke enthalten ziemlich viele Schneckensteinkerne. Beim Behandeln mit Salzsäure geben diese Kalke keinen minerogenen Rückstand außer etwas Ton und Bitumen. Nach Sandberger enthalten die Kalke am Schiff bei Ehingen, abgesehen von anderen Bestandteilen 83,37 % $CaCO_3$ und 11,35 % $MgCO_3$, und nach Leube enthalten die Kalke von Berg 4½ % Bitumen und etwas Schwefeleisen (Melnikowit). Im Dünnschliff zeigt sich der Kalk als ziemlich einheitliches Gebilde von wolkig-flockiger Struktur, in dem häufig einzelne Körner oder Aggregate von grobkristallinem Calcit eingebettet sind. Neben dem Bitumen finden sich höchst selten braune winzige Tonklümpchen, nie aber Fragmente eingeschwemmter Mineralfragmente. Schon bei der mikroskopischen Betrachtung beobachtet man das Vorkommen oolithischer Gebilde, die bis über 2 cm im Durchmesser groß werden und nicht selten nesterartig gehäuft auftreten. Im Dünnschliff erweisen sich diese als mehr oder weniger abgerundete Gebilde mit einer wolkig-flockigen Struktur mit gelegentlich eingestreuten Schalenfragmenten. Ebenso finden sich darin kleine Calcitindividuen öfters in Form von wohlausgebildeten Rhomboedern, und mitunter geht die flockige Struktur in eine mehr körnig-zellige über. Der Rand ist dichter und scharf abgegrenzt; meist umgibt ihn ein Kranz mehr oder weniger strahlig orientierter Calcitkriställchen. Die Größe schwankt sehr stark, mitunter werden sie kaum 0,05 mm groß, und häufig schließen größere derselben eine Anzahl kleinere ein. Seltener beobachtet man als Einschlüsse kleine mikroskopische Heliciden, und vereinzelte solche Oolithe erweisen sich als durch Umkrustung einer Schale entstanden. Keines der Oolithkörner zeigt radiale oder faserige Struktur; sie gehören zu den von Kalkowsky als Pseudoolithe bezeichneten Gebilden.

Die Kalke, die bei Berg annähernd eine Mächtigkeit von 20 bis 30 m erreichen, sind bankig entwickelt. Im allgemeinen zeigen die Tertiärkalke am Albrand, so bei Ulm, Niederstotzingen, ebenso auch bei Hoppetenzell mehr oder weniger stark ausgeprägt oolithische Bildung. Auch die *Sylvana*-Kalke zeigen mitunter ganz entsprechende Erscheinungen. In den *Sylvana*-Kalken bei Schwörzkirch finden sich schwach verkittete knollige Klumpen solcher oolithischer Gebilde, wie sie ähnlich Walther rezent von der Rede von Suez beschreibt: „Diese Ablagerung ist auf der Oberfläche in der Regel unverkittet,

bildet einen Oolithsand, an manchen Stellen aber sieht man ein Pflaster härterer Partien. Nimmt man einzelne dieser Verhärtungen heraus, so bemerkt man, daß es durch Kalk verkittete Oolithkörner sind.“ — Die Bildung der oolithischen Kalke ging anscheinend überall im Seebecken vor sich, während nur am Strande pisolithische Kalke und Kalkknollen gebildet wurden.

Nach oben nehmen die Kalke mehr und mehr an Tongehalt zu; die höheren Schichten werden schiefrig, mehr sandig und lettig. Die Schnecken werden ganz zerdrückt; hier zeigt sich auch die *Helix rugulosa* mit ihren natürlichen Farbbändern erhalten.

Unterlagert werden die Süßwasserschichten durch oberen Weiß-Jura, wie dies ja Schad in seinen Untersuchungen nachgewiesen hat. Am Galgenberg bei Bergach läßt sich diese Lagerung sehr leicht beobachten. Hier folgen auf Jura nach Schad erst 7 m geflammte Mergel und pisolithische Kalke und darüber 4 m harte rote und weiße Kalke. Die roten Mergel enthalten reichlich Bohnerzkörner, meist nur kleine Körnchen, sowie kugelige Kalkkonkretionen von verschiedener Größe in großer Zahl. Beim Kochen des roten Mergels mit Salzsäure verschwindet die rote Farbe vollständig, und wir erhalten einen blaugrauen tonigen Rückstand. In diesem läßt sich an individualisierten Mineralsubstanzen feststellen: sehr viel Hämatit und Schwefeleisen, dann Quarz und Chalcedon, Granat, Turmalin, Zirkon und Feldspat. Die Mineralien sind meist so stark von Eisenhydroxyd umkrustet, daß sie kaum erkennbar sind. Die Spalten und Risse der einzelnen Fragmente sind meist erfüllt mit Eisenerz, Hämatit und Tonsubstanz, so vor allem die Feldspäte, die meist sehr stark angewittert sind. Unter den Kieselkörnern überwiegen kleine und größere chalcedonische Gebilde mit faseriger und radialfaseriger Struktur, wie wir sie häufig primär gebildet in den Kalken des oberen Weiß-Jura finden. Im Verhältnis ist der Anteil der klastischen Mineralien an der Zusammensetzung der roten Mergel ziemlich gering.

Auf Grund seiner Untersuchungen am Hochsträß und in der Ehinger Gegend stellt Schad für die untere Süßwassermolasse folgende Gliederung auf:

I. *Ehingensis*-Schicht nach dem Auftreten von *Helix Ehingensis* und *Helix Ramondi*[1].

[1] Nach einer gütigen Mitteilung von Herrn Carlo H. Jooss ist aus Prioritätsgründen für *Helix* (*Galachtochilus*) *Ehingensis* v. Klein: *Helix* (*Galachtochilus*) *inflexa* (v. Martens) v. Zieten zu setzen. Ferner für *Helix* (*Pseudochloritis*) *inflexa* v. Klein: *Helix* (*Pseudochloritis*) *incrassata* v. Klein.

Die ursprünglich unterschiedene zweite Schicht hält Schad nach mündlicher Mitteilung nicht mehr aufrecht: Die Mergel bei Berg von 511,5—516 bilden eine Küstenfazies, die sowohl über wie unter der I. Abteilung vorkommt.

II. *Euchilus gracile* und *Helix brachystoma*-Horizont.

III. Sande und Mergel. Alles weiter südlich der Richtung Berg—Griesingen gehört der III. Abteilung an.

Der Gliederungsversuch Schad's ist nur ganz lokal gültig. Petrographisch ist keine genauere Gliederung möglich, denn es fehlen die festen durchgehenden Horizonte, und zudem sind die betreffenden Leitfossilien nicht auf die betreffenden Horizonte beschränkt. Es ist unmöglich, hier im *Rugulosa*-Horizont der alten schwäbischen Geologen eine genauere allgemein gültige Gliederung dieser Schichten zu geben. Wir haben hier eine Seenplatte von lauter einzelnen Seen und Weihern, jeder Fundort hat fast eine etwas andere Süßwasserfauna. Analoge Bildungen haben wir heute in der pommerschen, mecklenburgischen und ostpreußischen Seenplatte und im Pays de Dombes bei Lyon. Die *Helix rugulosa* geht bis in die kreideartigen Kalke bei Talfingen; hier ist sie allerdings sehr selten (Slg. Jooss); sie kann daher nicht als entscheidendes Leitfossil für den bisher so bezeichneten *Rugulosa*-Horizont betrachtet werden. Dagegen ist das Vorkommen von *Helix Ramondi* beschränkt auf den Horizont der sogen. *Rugulosa*-Kalke, und so möchte ich für diese Schichten die Bezeichnung „*Ramondi*-Schichten" vorschlagen. Zu dem ist *Helix Ramondi* eine horizontal weitverbreitete internationale Form, und ein Leitfossil typisch für das Cassélien nach G. F. Dollfus (Oberes Oligocän).

Von dem Abhang gegen die Donau an sind keine nennenswerten Aufschlüsse mehr zu beobachten; nur gelegentlich finden sich einige Sand- und Mergelgruben. Bei Weißel kommen rot- und gelbscheckige Mergelschichten vor, und an der Steige bei Sontheim folgen auf sie blaukalkige Mergel. Der ganze Hang besteht aus diesen blauen, z. T. ziemlich verfestigten Mergeln, die bis Volkersheim zu verfolgen sind. Am Herrlesberg bei Ingerkingen und im Orte selbst stehen Sande, die teilweise zu einzelnen Knauern verhärtet sind, an, darüber lagern blaue Mergel, über denen rote Mergel folgen. Ebenso beobachtet man bei Britschweiler Sande, zum Teil durch Infiltration von Eisenhydroxyd verfestigt und darüber rote Mergel und sogen. Scheckenmergel, die aus blau und rot gefärbten Mergelschmitzen bestehen. An verschiedenen Stellen auf der Markung Ingerkingen lassen sich diese Mergel verfolgen.

An der Landstraße von Ingerkingen nach Aufhofen sieht man in der Lehmgrube bei Ingerkingen rote Mergel[1] aufgeschlossen und darüber finden sich blaugraue und feingeschichtete marine Mergelsande. Auf der andern Seite des Hügels, wo durch Erosion das Material der Meeresmolasse abgetragen ist, finden sich ebenfalls wieder rote Mergel (bei Kilometer 10). Die roten Mergel bilden hier demnach den Grenzhorizont der unteren Süßwassermolasse gegen die Meeresmolasse. Auch in der Ostrachebene bei Bremen (Saulgau) bei der oberen Mühle finden sich rote Mergel und darüber marine Sande und Sandschrofen.

Weiter gegen Süden tritt die untere Süßwassermolasse nicht mehr zutage. Sie setzt sich aber fort, und schwillt sogar gewaltig an, wie dies aus dem Resultat der Tiefbohrung von Ochsenhausen hervorgeht. Genauere Berechnung über diese Bildung ist aber unmöglich, da wir das Einfallen der Schichten bezw. die einzelnen tektonischen Störungen nicht kennen. Die seinerzeit von Rechnungsrat Regelmann angestellten Berechnungen sind nicht stichhaltig, da die Annahme, daß die oberschwäbischen Schichten entsprechend denen von Dischingen einfallen, unrichtig ist.

Bei der Tiefbohrung von Ochsenhausen stieß man in einer Tiefe von 465 m auf untere Süßwassermolasse. Sie wurde bis zu einer Mächtigkeit von 270 m erbohrt, ohne daß sie ganz durchteuft worden wäre. Nach den Beobachtungen Miller's und den mir zur Verfügung stehenden Bohrproben[2] ergibt sich folgendes Profil:

	mariner, feiner sandiger grüngrauer Schlick,
465,17—483,87	Scheckenmergel,
483,87—484,82	„ reich an Sand mit viel Glimmer,
490,4 —495,51	„
508,1 —509,5	„
509,5 —511,3	feiner gelbgrauer Sand,
511,3 —514,5	Scheckenmergel,
514,5 —520,57	sehr feinkörniger grauer Sand,
524	grober Sand,
540	Scheckenmergel,
547,85—559,2	gelblicher feiner Mergel,
579,2 —590	graugelber Mergel,
736 (Tiefstes vor Ort)	gelbgrauer feiner Sand.

[1] Die Angabe bei Engel (S. 512), daß diese roten Mergel zerdrückte Schalen von *Helix rugulosa*, *Ramondi* u. dergl. enthalten, ist unrichtig. Bis jetzt sind noch keine organischen Reste in diesen Mergeln gefunden worden.

[2] Leider ist nur noch ein Teil der Bohrproben erhalten.

An der oberen Grenze zeigen die Scheckenmergel starke rötliche Töne, während sie nach unten zu mehr gelbbraun werden, in den tieferen Schichten wiegen Sande und Sandmergel vor.

Ähnliche Beobachtungen in bezug auf die Ausbildung der unteren Süßwassermolasse machte auch Schalch bei der Untersuchung des Vorkommens im badischen Seekreis, und er gliedert die dortigen Sandeschichten in

I. die Sandstufe, mächtige Mergel und Sandlagen,

II. die Mergelstufe, meist rot gefärbte Mergel, welche oben durch die Sande der Meeresmolasse plötzlich abgeschnitten sind.

Auch Gutmann schreibt: „Regelmäßig an der oberen Grenze sind bunte Tone und Mergel von wechselnder Mächtigkeit eingeschaltet.“ So ist denn das Auftreten der roten Mergel und Scheckenmergel eine weithin verfolgbare Grenzmarke der unteren Süßwasserbildungen gegen die Meeresmolasse in dem schwäbisch-badischen Tertiärgebiet. Eine genaue Parallele der Bildung der oberschwäbischen Ablagerungen mit den Schichten am Albrand ist wegen des vollständigen Fehlens von Fossilien in denselben unmöglich.

Über den Gang der Ablagerung der unteren Süßwassermolasse schreibt E. Fraas[1]: „Im allgemeinen herrscht die Kalkfazies am Albrand vor und nimmt, und zwar von unten nach oben, allmählich immer tonigeren Charakter an, je mehr wir uns Oberschwaben nähern, wo die untere Süßwassermolasse eine vorwiegend mergelige sandige Fazies darstellt.“

Die Scheidung der Fazies erklärt sich wohl am natürlichsten durch die Annahme einer mit Sumpf- und Süßwasser erfüllten Niederung im heutigen Oberschwaben, welche, abgesehen von etwaiger alpiner Zufuhr, wenigstens im nördlichen Gebiete von Norden her, also aus dem Jura durch Folgeflüsse gespeist wurde. Um die nach Süden zunehmende Mächtigkeit zu erklären, müssen wir eine stetige, langsame Senkung dieses Gebiets annehmen.“ Im schweizerischen Mittelland, in Baden und in Oberschwaben bildet die untere Süßwassermolasse einen horizontal auf weite Strecken durchgehenden Schichtkomplex und war demnach auch ein einheitliches Seebecken.

Die Gesteinsmassen, welche in der unteren Süßwassermolasse auftreten, sind Kalke, Sande, Sandsteine und Mergel. Die Mergel zeigen bunte Farben; sie sind häufig rot, gelb, blau, violett, schokoladebraun und mitunter auch scheckig gefärbt, während die Mergel der Meeresmolasse nur eine dunkelgraue Farbe zeigen.

[1] Diese Jahresh. Bd. 67 (1911). S. 536.

Die petrographische Untersuchung des Sandes bei Britschweiler (im Horizont der roten Mergel) ergab an Schwergemengteilen: Granat, Staurolith, Turmalin, Rutil, Brookit und Apatit, die sich in ziem lich geringer Zahl finden. Vorwiegend besteht der Sand aus splittrigen und schwach abgerundeten Quarzkörnchen, die seltener farblos, meist weiß oder graulich und zuweilen mehr oder weniger intensiv rot gefärbt sind; dann aus Körnchen meist zersetzten Feldpats (Orthoklas und Plagioklas) und reichlich beigemengtem Muskovit. Ein geringer Prozentsatz von Kalk ist ebenfalls vorhanden; beim Behandeln mit Salzsäure braust der Sand auf. Ganz entsprechend ist auch die Zusammensetzung der unteren Süßwassersande, seltener finden sich festere, bankige Verhärtungen.

Die roten Mergel sind stark tonig und entfärben sich beim Behandeln mit HCl. Die Mineralbeimengungen treten sehr stark zurück; vorwiegend sind es Hämatit, Quarz und zersetzter Feldspat. Auffallend ist das Auftreten von kleinen mikroskopischen kugelförmigen Gebilden bis zu einer Größe von 50 μ in großer Zahl. Durch Salzsäure werden sie nicht angegriffen, doch gelatinieren sie beim Kochen mit derselben. Sie finden sich fast nur in Form einzelner runder Körner, nur selten sind mehrere zusammengeballt. Sie sind anscheinend isotrop; gelegentlich meint man schwache Doppelbrechung wahrzunehmen. Bei der Kleinheit der Gebilde ist eine genauere chemische Untersuchung undurchführbar. Es ist wohl anzunehmen, daß diese Kügelchen Ausscheidungen von Kieselsäuregel darstellen. In den roten Mergeln sind sie meist durch die Beimengung von Eisenhydroxyd rötlich gefärbt. Noch reichlicher finden sie sich in den schon erwähnten roten Mergeln bei Bergach; ebenso auch in den roten Mergeln der oberen Süßwassermolasse. Auch im Laterit von Kilwasüdland (Deutsch-Ostafrika) konnte ich zahllosse ähnliche rötlich gefärbte Kügelchen beobachten; möglicherweise steht die Bildung von Eisenkonkretionen im Laterit mit diesen Bildungen im Zusammenhang und auch wohl die der Bohnerze.

Bemerkenswert ist, daß sich auch solche Kügelchen, wenn auch nicht so reichlich, in den Sanden der tertiären Meeres- und Süßwasserbildungen finden, hier handelt es sich dann allerdings um reine Kieselsäureausscheidungen, nirgends beobachtete ich an solchen Kügelchen eine Rotfärbung; vereinzelt ist etwas Tonsubstanz beigemengt. Erst jüngst hat Doss den Nachweis des Vorkommens von geringeren Mengen von Kieselsäuregel, das sich als solcher erhalten hat, in marinen, melnikowithaltigen Tonen erbracht. Und so darf

wohl angenommen werden, daß die vorliegenden Kieselsäurekügelchen ähnlich gebildet sind.

Schließlich bleibt noch die Frage offen, ob ältere Tertiärschichten hier die Unterlagerung der unteren Süßwassermolasse bilden. Schad verlegt in seiner neuesten Arbeit: „Die Grenzen des mitteloligocänen Meeres in Schwaben", die Küstenlinie desselben von Zwiefalten bis Allmendingen, also direkt am Südrand der Alb. Den Beweis für seine Behauptungen hat er jedoch nicht erbracht. Das Hauptargument bildet für Schad das Vorkommen von Steinkernen von *Pholas tenuis* in den unteren Schichten des *Rugulosa*-Kalkes von Ehingen und an verschiedenen anderen Stellen desselben Horizonts. Schad bestimmte diese eiförmigen Gebilde als Ausfüllung von Pholadenbohrlöchern, welche Bestimmung auch von Koken bestätigt wurde. Auf Grund meiner Beobachtungen muß ich betonen, wie schwer es fällt, solche Gebilde richtig zu identifizieren. Auffallend ist, daß Pholadensteinkerne nach Schad meist gut erhalten sind, während sonst das gesamte Material der mutmaßlichen oligocänen Ablagerungen aufgearbeitet worden ist; wir müssen vielmehr annehmen, daß bei einer solch intensiven Aufarbeitung auch diese kleinen Kalkgebilde vollständig zerstört wurden. Selbst wenn diese Steinkerne in den harten Weiß-Jurafelsen wohl geschützt waren, so würden sie doch bei der Auswitterung und beim Transport an die jetzigen Fundstellen zerstört und zerrieben worden sein.

In der geologischen Literatur sind solche eiförmigen Gebilde schon vielfach beschrieben worden; man hat sie als Hirudineenkokons, als Schneckeneier, als Insektenkokons, als Reptileier, als Früchte, als Konkretionen und auch als Ausfüllung von Pholadenbohrlöchern erklärt. Blum beschrieb sie als Schlangeneier, während Gergsens sie als Blutegelkokons deutete, da sie stets unregelmäßig zerstreut, und nie wie Amphibieneier in großer Zahl beisammen vorkommen. O. Böttger bezeichnet sie als Glandineneier und Hermann v. Meyer, der diesen Gebilden unter dem Titel „Die fossilen Schlangeneier von Offenbach" eine eingehende Besprechung widmete, kommt zum Schlusse, daß dieselben nicht organischen Ursprungs seien, sondern zufällige unorganische Bildungen darstellen. In jüngster Zeit hat sie A. Gutzwiller auf Grund eingehender Beobachtungen als Hirudineenkokons beschrieben. „Mir scheint es zweifellos, daß diese Gebilde Pseudomorphosen nach organischen Körpern sind, und zwar mögen es Hirudineenkokons sein. (Siehe Moquin Tandon: Monographie de la famille des Hirudinees. Edit. Paris 1846.

p. 177 ff. pl. XI fig. 13—18." Auch Hescher-Zürich und Schmidt-Basel, denen er sein Material vorlegte, pflichten ihm in seiner Ansicht bei.

Bemerkenswert ist vor allem, daß diese Gebilde sich in verschiedenen geologischen Horizonten finden. Gutzwiller erwähnt sie aus dem Oligocän des Quercy, aus den obereocänen Süßwasserkalken von Moutier (Berner Jura), aus dem Mitteloligocän von Offenbach, aus dem Miocän von Teuniken (Basler Jura). In Württemberg finden sie sich an verschiedenen Orten in der oberen und unteren Süßwassermolasse, so in den oligocänen Schichten bei Ehingen, Niederstotzingen, in den roten Mergeln bei Allmendingen, in den *Crepidostoma*-Kalken bei Eggingen und Talfingen, in den Helicitenmergel des Randens und von Stubersheim, im Obermiocän bei Mörsingen (Coll. Jooss). In Frankreich sind sie aus dem oberen Eocän von Castelnaudary (Dep. Aude) als Eier des *Bulimus (Dactylomorpha) laevolongus* Boubée beschrieben, und weiterhin sind auch solche Gebilde aus tertiären Süßwasserkalken von Ungarn bekannt.

Die mir vorliegenden Stücke von diesen eiförmigen Gebilden sind in der Größe ziemlich einheitlich. Die größten erreichen eine Länge von annähernd 25 mm, während die kleinsten etwa 12 mm lang werden. Die Dicke schwankt ebenfalls etwas. Sie liegen stets zerstreut, und erscheinen an beiden Enden gewöhnlich gleichmäßig zugerundet. Gutzwiller erwähnt, daß hin und wieder das eine oder das andere Ende eine kleine vorspringende abgestumpfe Spitze zeige gleich einer kleinen Warze oder einem halsartigen Ansatz mit breitem Querschnitt: ähnliches konnte ich nirgends beobachten. Die aus den pisolithischen Mergeln stammenden Gebilde bestehen meist aus etwas rötlich gefärbtem Kalk und erweisen sich aus demselben Material bestehend wie die Pisolithe. Die aus den Süßwasserkalken stammenden sind fast durchweg ebenfalls von demselben Material erfüllt wie die umgebenden Kalke und zeigen im Dünnschliff z. T. pseudoolithische Struktur. Einzelne jedoch sind durch und durch gleichmäßig kristallin, sie sind durchscheinend und außen fast glatt. Die Kristallaggregate sind isometrisch und auffallend gleich groß. Schmidt schließt auf Grund entsprechender Beobachtung: „Die Regelmäßigkeit in der Form der Calcitbekleidung kann sehr wohl erklärt werden durch die Annahme, daß die Substanzausscheidung stattgefunden hat an Stelle einer regelmäßig struierten Substanz." Und Hescher meint: „Die Anordnung der die Wand auskleidenden Kristalle erinnert außerordentlich an das regelmäßige Netzwerk, das an der Außenfläche der inneren Hülle der Kokons unserer lebenden

Hirudineen auftritt. Vielleicht ließe sich die Frage aufwerfen, ob die Kristallgruppen ein getreues Abbild des Netzwerkes geben oder ob die Kristallgruppen unter allen Umständen sich so gebildet haben könnten, und ihre Bildung durch das Netzwerk beeinflußt wurde. Es scheint mir nicht unwichtig, auf eine solche Möglichkeit, die unter Umständen sehr wichtig sein kann, hinzuweisen."

Mit den Pisolithen sind diese Bildungen nicht zu vergleichen, sondern es ist anzunehmen, daß wir es hier mit Ausfüllungsmassen eines gegebenen Hohlraums zu tun haben. Die Ausfüllung des Kokons denkt sich Gutzwiller folgendermaßen: „daß die meisten nicht hohl und mit dem Kalk des Nebengesteins erfüllt sind, mag davon herrühren, daß durch die Polöffnung der Kokons der Kalkschlamm in das Innere eingedrungen ist, während bei der hohlen Form diese Öffnung verschlossen wurde, bevor der Kalkschlamm eindringen konnte, und nur in Wasser gelöster Calcit sich an den Innenwänden ausschied." So ist denn die Schad'sche Ansicht, daß es sich bei diesen eiförmigen Gebilden um Pholadensteinkerne handelt, hinfällig.

Schad schließt des weiteren: „Die weite Verbreitung und die stellenweise über 1 m betragende Mächtigkeit der Flammenmergel lassen auf eine mehrere Meter betragende Denudation der Landoberfläche während des Oberoligocäns schließen. Es ist also nicht verwunderlich, daß dabei die losen, wenig mächtigen und meist kalkigmergeligen oligcoänen Meeresablagerungen des Donaugebiets fast ganz vernichtet wurden."

Es läßt sich hier in den Flammenmergeln keine genaue Unterscheidung zwischen allochthoner und autochthoner Bildung durchführen, die Mergel der oberen Horizonte, wie z. B. die roten Mergel von Ingerkingen, sind sicherlich an dieser Stelle primär gebildet. Auffallend ist, daß, wie die petrographische Untersuchung der Flammenmergel vom Galgenberg ergibt, diese so arm an minerogenen Komponenten sind, und vor allem der Anteil des Quarzes ein ziemlich geringer ist. Und der letztere ist noch vorwiegend in Form von Chalcedonknollen vertreten, welche unbedingt auf aufgearbeitetes Weiß-Juramaterial hinweisen. Hätten wir es aber mit dem aufgearbeiteten Material des Oligocänmeeres zu tun, so müßte der Anteil an Mineralien am Aufbau der roten Mergel beträchtlicher sein, und vor allem müßte sich mehr detritogenes Quarzmaterial vorfinden; denn auch die marinen miocänen Kalke am Albrand enthalten reichlich Quarzfragmente. Andererseits weist das Vorkommen von Bohnerzen und Geröllen auf eingeschwemmten Bohnerzton, aufgearbeiteten Spaltenlehm und

	Südwestfrankreich	Schweiz	Mainzer Becken	Baden	Württemberg	Bayern
Oberes Oligocän = Kasselien	Calcaire blanc de l'Agenais avec *Helix (Plebecula) Ramondi* Brong.	Süßwasserkalke des Berner und Neufchâteler Jura, des Delsberger Kessels etc.	Landschnecken-horizont mit *Helix Ramondi* der oberen Cerithienkalke von Flörsheim-Hochheim, Oppenheim etc.	Süßwasserkalk mit *Helix Ramondi* Gegend von Stockach, Hoppetenzell, Tullinger Höhe bei Basel.	Süßwasserkalke mit *Helix Ramondi* des oberen Donautals, z. B. Ehingen, Berg etc.	Bituminöse schwarze Kalke von Niederstotzingen, Miesbach, Staufener Tunnel i. Algäu.
Unteres Untermiocän = Aquitanien inf. Mittl. Untermiocän = Aquitanien moyen Oberes Untermiocän = Aquitanien sup.	Calcaire gris de l'Agenais		*Corbicula*-Schichten des Mainzer Beckens. Untere Hydrobienschichten des Mainzer Beckens. Obere Hydrobienschichten.	Vielleicht Pflanzenschichten des Klettgau.	Obere kreideartige Kalke mit *Helix crepidostoma*. Süßwassersande von Ochsenhausen.	Desgl. Talfinger Gegend.
	Neuere Schriften von Gustav F. Dollfus, Sandberger, L. u. S.	G. Maillard, Rollier, Heim, Gutzwiller, Tobler, Falkner und Ludwig, Sandberger, L. u. S.	Kinkelin, Böttger, v. Koenen, Jooss, Fischer u. Wenz, Steuer, G. F. Dollfus, Rollier, Sandberger, L. u. S., Sandberger, M. B.	Württemberger, Heer, Schalch, Schmidle, Sandberger, L. u. S.	Probst, Miller, Koken, Fraas, Kranz, Schad, Mahler und Müller, Rollier, Jooss, Sandberger, L. u. S.	Rühl, Gümbel, Roger, Sandberger, L. u. S.

Weißjuragries hin; der größte Teil der roten Mergel jedoch dürfte als Terra-rossa-Bildung aufgefaßt werden. Der Pyrit ist in den Tertiärmergeln nur spärlich vertreten, und so ist der Oxydation des Pyrits nur eine ganz nebensächliche Rolle zuzuweisen.

Als Schlußfolgerung ergibt sich hieraus, daß nirgends am Albrande sich sichere Reste des Oligocänmeeres vorfinden, und so scheint mir Walther nicht so unrecht zu haben, wenn er über die Verbreitung des Oligocänmeeres schreibt: „Die oligocäne Meeresfauna folgt dem Fuß der Alpen und läßt sich nirgends über die ganze Breite der Donausenke bis an den Rand des Jura verfolgen."

Die Meeresmolasse.

1. Gegend von Biberach.

Längs der Richtung Rupertshofen—Ingerkingen läßt sich die Überlagerung der unteren Süßwassermolasse durch die Meeresmolasse verfolgen. Am besten ist dies zu beobachten am schon erwähnten Einschnitt des Mühlsteig bei Ingerkingen[1], welche Stelle erstmals von Probst im Jahre 1866 bei einer Kellergrabung entdeckt wurde. Es bietet sich hier folgendes Profil:

Lehm und Gerölle.

4 m feingeschichteter Mergel und grünlicher glaukonitischer Mergelsand mit Zähnen von *Lamna*, *Oxyrhina* und *Carcharodon*, Bruchstücke von Schalen von Ostreen und *Pecten*, stark abgerollten Knochenfragmenten und kleinen Geschieben bis zu Walnußgröße, vor allem schwarzen Hornsteinsplittern.

3 m rote Mergel.

Sand und blaue und gelbe Mergel.

Die Meeresmolasse breitet sich dann weiter aus über die Markungen Altheim, Schemmerberg, Langenschemmern, Röhrwangen, Warthausen, und jenseits des Rißtals bei Äpfingen und Baltringen. Die Oberfläche ist zwar meist von Lehm und Geröllen bedeckt, aber wo die Täler einigermaßen tief eingeschnitten sind, somit besonders das Rißtal entlang, tritt die Meeresmolasse vielfach an den Halden zutage.

Am Burgstall bei Altheim stehen feingeschichtete Sande und Sandmergel an, die sich auf der Höhe bis Schemmerberg verfolgen

[1] Gümbel gibt in der Geologie von Bayern, II. Bd., S. 368, ein Profil durch das oberschwäbische Tertiär, in dem er die Meeresmolasse bis Berg einzeichnet.

lassen; am Abhang gegen die Riß läßt sich dann das folgende Profil beobachten:

Sande und Sandmergel.
Harte Bank mit Fischzähnen (Pfarrhaus).
Sandmergel, sehr fein geschichtet.
Harte gelbe Mergelkalke mit *Corbula gibba*.
Sand, z. T. ziemlich stark verfestigt durch $CaCO_3$.
Harte grobkörnige Bank mit Austern und Zähnen (Höllhalde bei der Mühle).
Graugelbe Mergel mit *Corbula gibba*.

(Die untere Schicht ist verdeckt durch Deckenschotter und Moor). Diese Schichten lassen sich teilweise gegen Langenschemmern hin verfolgen: sie fallen gegen Süden ziemlich stark ein. Beim Bahnwärterhaus zwischen den zwei Stationen sind die unteren *Corbula*-Mergel sehr mächtig entwickelt. Die *Corbula gibba* kommt hier sehr reichlich vor, ist aber meist schlecht erhalten. Ebenso finden sich Bryozoen, die aber infolge schlechter Erhaltung nicht bestimmbar sind, und stark zerdrückte Echiniden. Die Mergel sind schwach kalkig.

Bei Langenschemmern läßt sich folgendes Profil beobachten:

Sande.
Corbula gibba-Mergel.
6 m feingeschichteter Sandmergel, durchzogen von kleinen Bändern von lagenhaft angereicherten Brauseknollen. Nach oben zu wird die Bildung stark mergelig, und es findet sich gelegentlich *Corbula gibba*.
5 m feiner ungeschichteter Sand.
Mergel mit *Corbula gibba*.

Am Abhang gegen die Riß lassen sich die Sande und Sandmergel noch an einzelnen Stellen beobachten. Hier kommt es mitunter zur Bildung von knauerartigen Verhärtungen; so finden sich hier neben größeren unregelmäßigen Gebilden eigenartige Konkretionen z. T. in Formen von Brillensteinen und Lößkindeln. Hand in Hand damit geht die Bildung von harten kompakten Bänken.

Die feinen Sande sind z. T. stark kalkhaltig, und bilden kompakte Massen, doch entbehren sie zunächst jeder Schichtung. Gelegentlich finden sich darin osteocollenartige Bildungen. Neben den minerogenen Komponenten des Sandes finden sich darin und in den Sandmergeln zahlreiche längliche und rundliche Tongallen.

Während bisher diese Sande als vollständig fossilleer betrachtet wurden, ergab die genaue Untersuchung des Sandes das Vorkommen von kalkigen Mikroorganismen. Es fanden sich annähernd 2% Foraminiferen, die vorwiegend dem Formenkreis der *Discorbina*, *Rotalia* und *Textularia* angehören; daneben Stacheln von *Psammechinus* und sehr selten kleinere Hautzähnchen von Haien.

Bei Röhrwangen finden sich unten am Gehänge feine graugrüne Sande. Darüber vor dem Ort sind einzelne große Nagelfluhblöcke gelagert. Auf der Höhe des Hessenbühl (590,51 m) zwischen Röhrwangen und Albersweiler tritt ohne weitere Bedeckung Muschelsandstein zutage. Die Äcker sind voll von Sandsteinbruchstücken mit *Pecten*-Schalen, Austernschalen, Zähnen etc. Gegen Willenhofen zu läßt er sich ein Stück verfolgen, verschwindet dann aber unter einer Schotterdecke. Es ist ein rauher, grobkörniger Sandstein mit Schalenfragmenten und vereinzelten kleineren Geröllen, der ganz dem Baltringer Sandstein entspricht. In bezug auf die untere *Corbula*-Bank bei Langenschemmern liegt er 90 m höher. In der Nähe davon bei Altheim am Laienkreuz (560 m) wurde früher Muschelsandstein mit Fossilien, welche genau dem Baltringer Vorkommen entsprechen, gefunden. Probst erklärt ihn hier als keine ursprüngliche Ablagerung, sondern durch glaziale Verschleppung. Heute ist alles überwachsen, so daß eine Nachprüfung unmöglich ist.

Am Windberg bei Warthausen kommen wir bereits in die Endmoräne des Rheintalgletschers. Auf der Talsohle wurden hier durch Kellergrabungen marine Sande aufgeschlossen. Sie bestehen aus feinerem und gröberem Material und entsprechen den Begleitsanden des Muschelsandsteins. Alle 15—20 cm setzen härtere, etwas kalkigere Bänke durch, und erzeugen so eine schwache Schichtung. Die Sande sind reich an Fossilien; vor allem gut erhalten und äußerst mannigfaltig vertreten sind die Pectiniden. Bemerkenswert ist hier wie auch im Muschelsandstein vom Hessenbühl das Fehlen der *Corbula gibba*. Diese Ablagerung liegt in einer Höhe von 520—530 m, also etwa 60 m tiefer als die entsprechende Schicht am Hessenbühl; es läßt sich dies nur durch die Annahme einer Verwerfung erklären. Eine weitere Verfolgung dieser Schichten ist auf der linken Seite der Riß nicht mehr möglich.

Auf der rechten Seite der Riß findet sich ein größerer Aufschluß bei Äpfingen:

Humus, Lehm und Gerölle.

Pisolithischer Kalk und weißliche Mergel mit *Helix sylvana*.

Fein geschichtete, stark tonige Sande, sogen. Gesimssande.
Grobkörniger geschichteter Sand mit Schalenfragmenten von Zweischalern, Zähnen und Geröllen.
Muschelsandstein, etwa 0,85 m mächtig.
Diagonalgeschichtete Sandletten mit schichtweise angereicherten septarienartigen Gebilden.

An der Seite gegen Äpfingen ist ein nagelfluhartiges Konglomerat angelagert. Typisch für die Muschelsandsteinschicht und die begleitenden Sande ist die Kreuzschichtung, welche auf eine Flachküstenbildung hinweist (vergl. Fig. 1 u. 2). Quenstedt beschreibt diese Bildung folgendermaßen:

„Die konträre, kurz abgebrochene Schichtung des rauhen Materials an den 50′ hohen Wänden gibt uns ein lebhaftes Bild der Wasserkraft, welche hier das Ufer peitschte, und dabei ist alles noch so frisch, als ob das Meer erst seit einigen Dezennien diese Stelle verlassen hätte. Bald warfen die Wellen den Grand nach dieser, bald nach jener Richtung, und plötzlich schneiden darüber horizontale Sandsteinlagen den Horizont, Gesimsen gleich ragen die Köpfe aus dem Schutt der Oberfläche empor und beweisen den ruhigen Abschluß". Als Seltenheit fand ich in den groben Sanden einen sehr schlecht erhaltenen *Helix*-Steinkern.

Die Gesimssande lassen sich weiter verfolgen nach Sulmingen; an der Straße und an der Bahn sind sie zuweilen freigelegt. Typisch für diese Bildung ist der braune Farbton der Gegend, der von dem üblichen sich stark abhebt. Bei Sulmingen an der Mühlhalde ist ein verlassener Steinbruch; der Muschelsandstein ist bereits verschüttet; nur noch die Gesimssande sind aufgeschlossen. Eigentümlich berührt hier die schöne regelmäßige ruinenartige Bildung, die jedoch beim Abbau künstlich erzeugt wurde. Die Muschelsandsteinbank ist hier nur 0,36 m mächtig. Als Abschluß der Meeresbildung stellt sich hier ebenfalls eine unregelmäßig auftretende pisolithische Bank und weißgraue Mergel mit *Helix sylvana* ein.

Bei Baltringen, dem berühmtesten Fundplatz im oberschwäbischen Tertiär, der vor allem durch die von Dr. Probst bearbeiteten Funde bekannt wurde, sind am Abhang gegen das Rißtal verschiedene, meist schon stark zerfallene Aufschlüsse zu beobachten. Am Doktorhäldele ist folgender Aufbau zu beobachten:

1,14 Humus, Lehm und Gerölle.
11,93 Gesimssande.
2,58 Muschelsandstein.

Die den Muschelsandstein unterlagernden Schichten, feine Sande, sind an den Hängen bedeckt von Deckenschotter, doch zeigen sich vereinzelt feine grüngraue Sande.

Am Aufschluß beim Steingrüble weisen die Gesimssande vielfach diskordante Schichtung auf. Bei Mietingen ist der Muschelsandstein ebenfalls an verschiedenen Stellen aufgeschlossen; jedoch sind die Brüche größtenteils verstürzt. In einem derselben zeigen einzelne Lagen der Gesimssande lokale Fältelungserscheinungen, die wohl als Böschungs- oder Gleitfaltungen der oberflächlichen Schlammschicht aufzufassen sind.

Am schönsten erhalten ist der Aufschluß an der Burg:

1,2 m Humus.
12 m Gesimssande.
2,3 m Muschelsandstein.
0,5 m grobkörniger Sand.
Ungeschichteter kompakter feiner Sand, fossilleer, gespickt mit 5 mm kleinen runden rostroten Kügelchen.

Hier wie in Baltringen ist der Muschelsandstein von Spalten durchsetzt, in dem Probst Reste quartärer Wirbeltiere (14 Formen nach Nehring[1]) vorwiegend von *Myodes torquatus* und *Arctomys marmotta*[2] fand.

Die Schichten zeigen ein starkes Einfallen gegen SO: gegen Wolpertshofen auf der rechten Seite der Rottum sind noch Gesimssande zu beobachten, jedoch allmählich verschwinden sie unter den Gebilden der Süßwassermolasse.

Am Kapellenberg bei Erolzheim sind noch einmal marine Sande von grobem Korn mit vereinzelten Geröllen aufgeschlossen, darüber folgen Sande und Mergel der oberen Süßwassermolasse mit Resten von Blättern und Heliciden. Gegen N ist alles bedeckt von den Schichten der oberen Süßwassermolasse, und erst bei Oberkirchberg sind wiederum unterhalb der Brackwasserschichten marine Sande nachweisbar.

Aus der Lagerung ergibt sich für die marinen Bildungen in der Biberacher Gegend folgende Gliederung von unten nach oben:

I. Ein Komplex meist feinsandiger und mergeliger Schichten, einschließend Mergelschichten mit *Corbula gibba*, wohl mindestens 50—70 m mächtig.

[1] Nehring: Übersicht über 24 Quartärfaunen Mitteleuropas. Zeitschrift der deutsch. geol. Ges. 1880.

[2] Probst: Quartäre Wirbeltiere von Oberschwaben. Diese Jahreshefte 1881.— Halsbandlemming und Murmeltierreste aus Oberschwaben. Das. 1882.

II. Der Muschelsandstein mit seinen Begleitsanden[1].
III. Gesimssande.

Die direkte Unterlagerung des Muschelsandsteins ist nur auf kurze Stellen aufgeschlossen bei Mietingen und Äpfingen. Es ist ein sandiges und mergeliges Material, aus dem bis jetzt außer Foraminiferen keine organischen Reste bekannt sind. Jedoch die gegenseitige Lagerung der Muschelsandsteinschicht von Hessenbühl und der Schichten von Langenschemmern weisen darauf hin, daß die letzteren den Muschelsandstein unterlagern. Quenstedt betrachtet 1872 die feinen Sande von Schemmerberg als die höheren Lagen der Meeresmolasse, jedoch auch Probst gliedert 1879 die Meeresmolasse in einen oberen Horizont den Muschelsandstein mit den charakteristischen Gesimssanden und einen unterern bei Schemmerberg aus sandigen und mergeligen Schichten bestehend."

In den unteren Schichten wird der wichtigere Horizont durch die Mergelbänke mit *Corbula gibba* dargestellt. Sie lassen sich gegen W. von Langenschemmern an weiter verfolgen. Sie kommen vor bei Willenhofen südlich vom Ort an der Straße nach Uttenweiler und werden hier von Gletscherkies verdeckt; bei Seekirch kamen ebenfalls bei einer Brunnengrabung *Corbula*-Schichten zum Vorschein. Die *Corbula gibba* findet sich aber fast ausschließlich in den Mergeln und feinen Sandmergeln, nie in dem Sande. Vorwiegend besteht die Ablagerung aus feinkörnigen kompakten Sanden, seltener zeigen sie Parallelschichtung. Vereinzelt treten einzelne blaue kalkige Mergelbänke auf; häufiger stellen sich Schichten ein, die aus dünnen, oft nur kartonstarken kurzen Lagen und Plättchen von sandig-mergeliger Beschaffenheit bestehen. Im allgemeinen enthalten die Sande nur Mikroorganismen, es finden sich aber einige schwache kalkige grobkörnige Bänke, die reichlich Austern und Zähne führen[2].

Der wichtigste und bekannteste Horizont der marinen Molasse ist aber der Muschelsandstein. Es ist ein rauher, grober Sandstein, gefüllt mit meist zertrümmertem Konchylienmaterial und eingebackenen nicht seltenen Geröllen, mitunter eine förmliche Muschelbreccie.

[1] Dieser „schwäbische Muschelsandstein" ist zu unterscheiden von dem Muschelsandstein der sogen. Seelaffe, welcher an der Basis des marinen Miocäns auftritt und dem Schweizerischen Muschelsandstein von Mürenlos, Othmarsingen etc. entspricht.

[2] Eine Fossilliste mit Angabe des Fundorts gibt Probst in Verzeichniss der Fauna und Flora der Molasse im württembergischen Oberschwaben. (Diese Jahresh. 35 Jg. 1879.)

Das Bindemittel ist kohlensaurer Kalk, der an einzelnen Stellen reichlich, dann aber auch oft sehr spärlich auftritt. Früherer Steinbruchbetrieb konnte schon deshalb nicht lohnen, weil die Verkittung und Verfestigung großen Schwankungen unterworfen ist und sich häufig genug völlig unbrauchbares Material einstellte. Eine Analyse des Muschelsandsteins von Baltringen ergab nach Leube folgendes Resultat:

37,4 % Mineralkörner.
1,14 % Ton.
1,069 % kohlensaures Fe O.
0,58 % $Mg C O_3$.
59,86 % $Ca C O_3$.

Der eigentliche Muschelsandstein schwankt in seiner Mächtigkeit lokal von 0,3—2,5 m; meist ist er begleitet von groben Sanden, die bis zu 10 m mächtig werden können. Die Sande und der Muschelsandstein sind meist horizontal geschichtet, doch findet sich vielfach Kreuzschichtung, die auf eine küstennahe Bildung hinweist. Das reichliche Vorkommen von Bohrmuscheln und von Resten von eingeschwemmten Landtieren spricht ebenfalls für Uferbildung. Eingeschwemmt wurden außerdem verkieselte jurassische Bryozoen und Korallen und verkieseltes Holz. Ungemein reich sind diese Ablagerungen an Resten von Fischen und von Meeressäugetieren, ich verweise hier auf die glänzende Bearbeitung diese Materials durch Probst.

Darüber folgen die sogenannten Gesimssande. In den unteren Lagen ist das Material noch etwas grobkörniger, gegen oben wird es feinkörniger und stark tonig. Der Glaukonit, der sich in den Meeressanden reichlich findet, tritt allmählich zurück und durch die beigemengte tonige Substanz geht die Farbe in braune Töne über. Der Sand hat einen gewissen Grad von Konsistenz durch eingelagerte etwas verhärtete Schichten, die regelmäßig stockwerkartig in 10 cm Entfernung voneinander durchziehen. Diese Schichten sind an sich wenig hart und deutlich plattig. In längeren Zügen laufen sie horizontal fort, und darauf wie auf der Härte durch Verkittung beruht ihre Wirkung auf die Konsistenz der Sande. Der Einfluß der Verwitterung äußert sich nun so, daß der lockere Sand teilweise herausrieselt, und dann stehen die einzelnen härteren Lagen gesimsartig hervor. Rutschungen sind sehr selten, weil die Lager horizontal fortziehen. An manchen Stellen zeigen diese Gesimssande Kreuzschichtung und zuweilen erinnern sie direkt an Dünenbildung. An der Grenze gegen die obere Süßwassermolasse verlieren sie häufig ihre

Schichtung. Sie sind fast völlig petrefaktenleer; auch die Mikroorganismen, welche sich im Muschelsandstein noch in großer Zahl finden, treten völlig zurück. In den unteren Lagen finden sich noch einzelne Foraminiferen, oben fehlen sie dagegen ganz. Die Gesimssande können bis zu 15 m mächtig werden. Die Lagerung und die Ausbildungsweise weisen darauf hin, das sie eine küstennahe Bildung des sich zurückziehenden Molassemeeres darstellen, ebenso wie der sie unterlagernde Muschelsandstein.

In der Gliederung der marinen Molasse wird es sich wohl empfehlen, nur zwei Haupthorizonte zu unterscheiden, den unteren, die *Corbula*-Schichten, und den oberen mit Muschelsandstein und Gesimssanden. Vielleicht ist es auch ratsam zur Unterscheidung dieser Muschelsandsteinschicht, sie als Baltringer Muschelsandstein [1] (bezw. schwäbischen Muschelsandstein) zu bezeichnen.

Diese beiden Horizonte sind insofern von Wichtigkeit, als sie zwei Phasen des Molassemeeres darstellen, und wir können auch zwei Küstenlinien in der Gegend verfolgen. Die erstere verläuft von Seekirch über Willenhofen, Ingerkingen bis Schemmerberg. Von hier an ist sie nicht mehr zu beobachten, und auf der rechten Seite der Riß treten die marinen Bildungen nicht mehr zutage.

Die andere erstreckt sich von Wolpertshofen, Mietingen, Baltringen, Hessenbühl, und ist eine typische Strandbildung, wie schon oben näher ausgeführt. Mit E. Fraas bin ich der Ansicht, daß diese Uferzone eine Rückzugsphase des Molassemeeres darstellt, während die marinen Bildungen der Alb der am weitesten vorgeschobenen Transgression des Molassemeeres entsprechen. Die Ausbildung der *Corbula*-Schichten, speziell das vorwiegende Auftreten feiner Sande und Mergel und die ganze Art der Lagerung derselben weist darauf hin, daß wir es nur als „Faziesbildung" der marinen Schelf-Ablagerungen am Albrand, also des Turitellenkalkes und der Muschelsandsteine der Alb zu betrachten haben.

In seiner Arbeit über das Molassemeer bringt Miller [2] die Bildung der Ablagerung der Graupensande zwischen Allmendingen und Ulm in Zusammenhang mit der Ablagerung der Muschelsandstein-

[1] Schon O. Fraas und Bach haben darauf hingewiesen, daß die marinen Tertiärschichten am Albrand älter sind als der Baltringer Muschelsandstein. Ebenso bemerkt Rollier, der Muschelsandsteinzug von Überlingen—Baltringen hat nördlich der Donau keine Ausläufer, noch Erosionsetzen aufzuweisen.

[2] K. Miller, Das Molassemeer in der Bodenseegegend. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensee's und seiner Umgebung. Heft VII. Lindau 1876.

schichten. Im nördlichen Teil — wohl in der Gegend zwischen Laupheim und Günzburg — wurde der Wall, welcher durch die Hebung der Bryozoenschichten vor der Bildung des Muschelsandsteins erzeugt wurde und wodurch sich jenseits dieses Walles zwischen dem Jura und den Bryozoensanden eine Zone der Vertiefung, welche sich von Schaffhausen bis in die Gegend von Ulm erstreckte, bildete, von dem Molassemeere durchbrochen — und in wildem Strom wurde die Vertiefung von den Meeressanden ausgefüllt. Zeuge dafür sind die Graupensande zwischen Ulm und Allmendingen, welche in ihrem Material mit dem des Baltringer Muschelsandsteins völlig übereinstimmen. Letztere Beobachtung Miller's ist meiner Ansicht nach insofern zutreffend, als zwischen dem Sandmaterial, das sich in den schwäbischen Molasseschichten findet, überall große Übereinstimmung herrscht; jedoch zwischen dem Material der besagten Bildungen besteht ein großer Unterschied vor allem in faunistischer Hinsicht. Der Muschelsandstein ist ungemein reich an Schalenfragmenten von Konchylien, er enthält eine ungemeine Fülle von Zahnresten und reichlich Mikroorganismen. Im Gegensatz dazu sind die Graupensande fast völlig petrefaktenleer, außerdem finden sich in ihnen meist nur wenige Glaukonitkörner, während der Muschelsandstein sehr reichlich Glaukonit enthält. So wird man die Graupensande nach E. Fraas am besten als Rückzugssande des ablaufenden Meeres betrachten. Leuze betrachtet diese Bildungen als Sandanhäufungen, wie sie auch in heutigen Meeren, etwa in der Nordsee, als sterile Sandbänke die Küste in einer bestimmten Entfernung begleiten. Auffällig wäre dann aber das Fehlen jeglicher kalkiger Verkittung, wo doch am Albrande das Meerwasser ziemlich kalkhaltig sein mußte; andererseits weist die Umkrustung der einzelnen Mineralien mit Eisenhydroxydhäutchen zugleich auf terrestre Einflüsse d. h. mehr auf eine Strandbildung hin.

2. Ochsenhausen.

Bei der Tiefbohrung von Ochsenhausen, das etwa 15 km südlich von Äpfingen liegt, stieß man in 259 m Tiefe auf Meeresmolasse. Leider fehlt unter den Bohrproben das Material des Grenzhorizonts. Die letzte Bohrprobe aus der oberen Süßwassermolasse, die mir zur Beobachtung zur Verfügung stand, stammt von 255,4 bis 257,7 m Tiefe, und ist ziemlich kalkiger Scheckenmergel. Nach Miller ist in 259 m Tiefe wahrscheinlich der Beginn der Meeresmolasse.

261,7—268,49 feinkörniger glaukonitischer Sandstein, sehr stark mergelig.

268,49—272,12 feiner grüngrauer, stark toniger Sandschlick.

275,38—276,8 grobkörniger Sand, bestehend vorwiegend aus durchsichtigen und grün und rötlich gefärbten Quarzkörnern, etwas Glaukonit, Feldspat, kleineren Schwefelkiesknollen, zersetztem Glimmer, Granat, Staurolith und Eisenerz. Fragmente von Austern und *Pecten*-Schalen. Stücke von Haifischzähnen, Sparoiden und Rochen, Zähne von Cyprinoiden. Foraminiferen, *Rotalina*, *Discorbina* und *Anomalina*.

276,8—289,2 blaugrüner feinkörniger Schlick.

289,2—289,3 Molassesandstein von 0,1 m Dicke mit Schalenfragmenten von Austern und Cardien.

289,3—295,8 sehr feinkörniger graugrüner sandiger Schlick.

296—297,15 Molassesandstein mit Schalenresten.

299—465,7 sehr feinkörniger blau-graugrüner sandiger Schlick.

Bei der Bohrung blieb die ganze Strecke unverrohrt; ein Hinweis darauf, daß diese Schichten mehr eine Art feinkörnigen Sandsteins darstellen. Die Masse ist stark kalkhaltig und sehr reich an Ton. Der mineralische Anteil setzt sich zusammen aus Quarz, Feldspat, Glaukonit (seltener) Calcitkörner und Glimmer; dazu kommen vereinzelte Schalenfragmente. An Schwergemengteilen fanden sich Rutil, Granat, Turmalin, Staurolith, Epidot, Cyanit und Eisenerzkörnchen. Auch finden sich stets die schon erwähnten mikroskopisch kleinen Kügelchen von SiO_2. An organischen Einschlüssen beobachtete ich nur Foraminiferenschalen, die aber wegen ihrer Kleinheit kaum zu isolieren sind. Von 465,7 m an folgen rote Scheckenmergel, welche den Beginn der unteren Süßwassermolasse anzeigen.

Auffallend ist das Auftreten von feinem sandigen Schlick sofort an der Grenze von unterer Süßwassermolasse und Meeresmolasse, er weist auf eine Ablagerung in ruhiger See hin. Miller vermutet, daß dieser feine Sandstein ein Äquivalent zum Rorschacher Sandstein darstellt, und in der Tat ist die Ausbildung und Ablagerung ganz dieselbe. Ich gebe zum Vergleich das von Schalch und Gutzwiller aufgestellte Profil der Meeresmolasse in der Gegend von Rorschach:

Etwa 111 m teils massige, teils plattige Sandsteine und blaugraue tonige Schiefermergel (St. Galler Schichten).

Eine 3—5 m mächtige Bank, sogen. Seelaffe (Muschelsand-

stein), ein äußerst hartes, grobkörniges Trümmergestein, da und dort mit Nagelfluhgeröllen, reich an Cardien und Austernschalen.

Ein Komplex fossilleerer sogen. Rorschacher Sandsteine, ca. 180 m mächtig. Sehr feinkörnig. Er besteht fast vorwiegend aus Quarz, ziemlich zurück tritt Glaukonit in Form von Körnern oder unregelmäßig begrenzten Gebilden, meist als Bindemittel. Reichlich vorhanden ist Calcit, zumeist als Fragmente von Organismenschalen von Foraminiferen, Seeigeln und vereinzelte Bryozoen, seltener als Individuen mit lamellarer Ausbildung. Nur vereinzelt findet sich stark verwitterter Orthoklas, Muskovit und Biotit. Das Bindemittel besteht vorwiegend aus Kalk, daneben Glaukonit und Kieselsäure.

Eine kaum 1 m mächtige, Fossilien führende, muschelsandsteinartige, nach Westen hin sich auskeilende Molasseschicht.

An der Basis eine mehrere Meter mächtige Nagelfluhschicht.

Untere Süßwassermolasse.

Die Ochsenhauser Bohrproben zeigen von der unteren Grenze der Meeresmolasse an einen 167 m mächtigen, feinkörnigen, gleichmäßig entwickelten Sandstein, erst dann tritt eine Änderung in der Sedimentation ein. Wechselweise folgen nun die letzten 40 m der im ganzen 207 m mächtigen marinen Bildung, grob- und feinkörnige Sandsteine und Mergelschichten. Diese Art der Ausbildung legt nahe, daß diese letzte Bildung 'als Äquivalent zu dem „Baltringer Muschelsandstein" bezw. als eine Faziesbildung desselben zu betrachten ist, während sich für den 167 m mächtigen Sandstein auf Grund der Lagerung eine Parallelisierung mit den *Corbula*-Schichten von Schemmerberg ergibt. Ein genauer Beweis hierfür ist natürlich wegen des Fehlens von Fossilien und der verschiedenen Ausbildung nicht zu erbringen. Wichtig sind diese Beobachtungen insoforn, als wir damit den Rorschacher Sandstein als Äquivalent zu den Muschelsandsteinen der Alb zu betrachten haben; wir haben also eine zunehmende Mächtigkeit der Ablagerung im ersten Stadium des Molassemeeres, das mit der Transgression an den Albrand seine größte Ausdehnung erreicht, gegen Süden zu bemerken. Dieses Verhältnis der Ausbildung der marinen Ablagerungen am Albrand zu dem des Rorschacher Sandsteins legt die Vermutung nahe, daß, worauf auch die Lagerung hinweist, der Baltringer Muschelsandstein als Äqui-

valent zu den sogen. St. Galler Schichten zu betrachten wäre, wobei die Seelaffe wohl auch noch zu dieser Bildung zu rechnen ist. Faunistisch lassen sich hier, da wir es doch stets mit Faziesbildungen dieser Meere zu tun haben, keine genauen Beweise erbringen, doch zeigen die St. Galler Schichten in der Fauna eine große Verwandtschaft mit der von Baltringen.

Meine Beobachtungen in der Gegend von Saulgau und Pfullendorf ergaben, daß sich die feinsandigen und mergeligen Schichten von Scheimmerberg mit dem *Corbula gibba*-Horizont auch hier verfolgen lassen. Als wichtiger Fossilhorizont hierin wohl dem *Corbula gibba*-Horizont entsprechend sind die nur lokal auftretenden Bryozoensande von Ursendorf aufzufassen. Darüber folgt der Horizont des „Baltringer Muschelsandsteins“[1] mit seinen Begleitsanden und den sie überlagernden „Gesimssanden“ in ganz derselben Ausbildung wie in der Biberacher Gegend. Auch hier finden sich in diesem Horizont zahlreich Gerölle eingelagert.

Durch die Untersuchung der badischen Geologen Schill, Württemberger, Schalch, Gutmann und Schmiedle ist die Lagerung der Schichten der badischen tertiären Meeresmolasse klargelegt. Schalch gliedert dieselben wie folgt:

c) Geröllstufe. Der obere Muschelsandstein oder massige Sande, darunter Sande mit Geröllen, 0,2—5 m mächtig.

b) Die Sandschieferstufe. Glimmerreiche Sandmergelschicht, dünnbankig, mit dünnen Mergelschichten, oft mit einigen größeren Sandbänken, 30—40 m mächtig.

a) Die Heidenlöcherschichten. Massige Sande und Sandsteine, oft ohne Schichtung 40—50 m mächtig, mit dem Horizont der *Corbula gibba*.

Für die Bildung der oberschwäbisch-badischen Meeresmolasse ergibt sich hieraus ein ganz analoger Aufbau ihrer Schichten. Die Geröllstufe entspricht dem Baltringer Muschelsandsteinhorizont, während die Sandschieferstufe und die Heidenlöcherschichten mit dem Komplex feinsandiger und mergeliger Schichten bei Langenschemmern und den Bryozoensanden von Ursendorf zu parallelisieren sind. Und in bezug auf die weitesten nördlich gelegenen Ablagerungen von miocäner mariner Molasse kommt Leuze zu dem Schlusse:

„Nachdem die marine Tertiärstelle am Albrand bei Immenhausen bekannt geworden ist, können zwischen den marinen Ab-

[1] Rollier betrachtet in seiner neuesten Arbeit die Bryozoensande als jüngere Bildung als der Baltringer Muschelsandstein.

lagerungen des Westens und dem Marin der Ulmer Schichten direkt Vergleiche angestellt werden. Nach der Sachlage verhält sich das Marin von Immenhausen zur Erminger Turritellenplatte wie die Citharellenkalke des Randen zum Grobkalk des Typs Thengen, so daß alle diese Ablagerungen zusammen in das Niveau der Grunder Schichten gestellt werden müssen."

So ergibt sich denn für die Parallelisierung der marinen Molasse im schwäbischen Tertiärgebiet im Gegensatz zu der Miller-schen Annahme, daß die Bildungen des Molassemeeres in fünf Phasen vor sich gegangen sei, folgende Gliederung:

Oberes Helvetien	Grobe Molasse und Muschelsandstein von Baltringen, Sießen, Pfullendorf, Geröllstufe Schalch's (Muschelsandstein von Stockach, Kargegg, Überlingen).
	St. Galler Schichten (Seelaffe?).
Unteres Helvetien	Citharellenschichten bei Harthausen, Winterlingen, Grobkalk vom Typ Thengen.
	Muschelsandsteine der Alb, Ermingen, Turritellenplatte.
	Bryozoensande von Ursendorf. *Corbula*-Schichten von Schemmerberg.
	Heidenlöcherschichten u. Sandsteinschieferstufe (Schalch) (Ochsenhausen), Rorschacher Sandstein.

Zusammensetzung der Sande im allgemeinen.

1. Mineral-Anteil.

In der Zusammensetzung der Sande weisen die Schichten der Meeresmolasse in Oberschwaben eine ungemeine Einförmigkeit auf, denn die Mineralien, welche sie zusammensetzen, sind stets dieselben. Am häufigsten vertreten ist der Quarz, welcher fast durchweg mindestens ein Drittel der Mineralbestandteile der Sande ausmacht, und je grobkörniger das Sandmaterial ist, desto mehr überwiegt sein Anteil (bis zu 80 und 90 %). Er findet sich in zumeist auffällig eckig splittrigen, seltener abgerundeten Körnchen, die vorwiegend farblos, häufig aber auch grün und rötlich gefärbt sind. Manche Quarzkörner bestehen aus fast ideal reinem Quarz, welcher zwischen gekreuzten Nicols einheitlich auslöscht, so daß jedes Korn aus einem Kristallindividuum besteht. Sehr häufig sind Quarzfragmente, welche undulöse Auslöschung zeigen, teilweise bestehen sie aus einem Mosaik von abwechselnd auslöschenden Quarzindividuen, oder zeigen zahnartige Verwachsungserscheinungen. Andere Körner zeigen die charak-

teristischen Schnüre von Gasporen und Libellen mit Flüssigkeitseinschlüssen, und wieder andere enthalten Einschlüsse von Mikrolithen, wie Zirkon, Rutil und Chlorit. Diese Körner weisen auf ihre Abstammung von Tiefengesteinen, Granit und Eruptivgneis einerseits, andererseits von metamorphen Gesteinen wie kristallinen Schiefer hin. Seltener finden sich Porphyrquarze mit den typischen Grundmasse-Einschlüssen. Gelegentlich treten auch Bruchstücke porphyrischer Grundmasse auf: einige Fragmente zeigten auch granophyrische Verwachsung von Quarz und Feldspat.

Neben den eigentlichen Quarzen kommen auch ziemlich viele Körner von dichtkristallinen Quarzen vor, wie: Kieselschiefer, Hornstein, Jaspis und Chalcedon. Durch ihre Farbe braun, rot, gelb, grau und schwarz fallen sie sehr stark auf; so hält man leicht schwarze Hornsteinfragmente für Fischzähne. Die Körner sind fast durchweg sehr scharfkantig und meist nur schwach abgerundet, sofern sie überhaupt Spuren von Rollung zeigen. Nur in den gröberen Sanden treten sie stärker hervor, hier finden sich dann auch meist größere Hornsteingerölle. Im Dünnschliff erweisen sie sich als mikrokristalline Kieselsubstanz mit mehr oder weniger intensiver Bestäubung durch ein rotes, gelbes etc. Pigment. Die bunte Färbung dieser Hornsteine ist natürlich auf verschiedene Oxydationsstufen von Eisenverbindungen zurückzuführen. Mitunter zeigen sie auch faserige Struktur, und vereinzelt finden sich in der quarzitischen Grundmasse verkieselte Radiolarien.

Die einzelnen Körner sind häufig von Ton und Eisenhydroxydhäutchen umgeben, oder aber sind sie von calcitischer und glaukonitischer Substanz umkrustet. Sehr viele Quarzkörner haben durch in die feinsten Risse und Spalten eingedrungene Glaukonitsubstanz einen grünen Farbton erhalten. In verschiedenen Sandsteinen tritt auch sekundäre Kieselsubstanz als Bindemittel auf und bildet regenerierte Quarze.

Die Feldspäte treten an Menge den Quarzen gegenüber sehr stark zurück. Während der Mikroklin auffallend gut erhalten ist, ist der Plagioklas und besonders der Orthoklas stets mehr oder weniger stark verändert oder auch bis zur Unkenntlichkeit zertört. Die Plagioklaskörner, durch ihre Zwillingsbildung auffallend, finden sich reichlich. Selten dagegen sind die Mikroklinkörner, welche sehr schön die charakteristische Gitterstruktur zeigen. Am häufigsten vertreten ist der Orthoklas, der fast durchweg stark angewittert erscheint und zum Teil Verglimmerung und Epidotisierung zeigt, die

lagerungen des Westens und dem Marin der Ulmer Schichten direkt Vergleiche angestellt werden. Nach der Sachlage verhält sich das Marin von Immenhausen zur Erminger Turritellenplatte wie die Citharellenkalke des Randen zum Grobkalk des Typs Thengen, so daß alle diese Ablagerungen zusammen in das Niveau der Grunder Schichten gestellt werden müssen."

So ergibt sich denn für die Parallelisierung der marinen Molasse im schwäbischen Tertiärgebiet im Gegensatz zu der Miller-schen Annahme, daß die Bildungen des Molassemeeres in fünf Phasen vor sich gegangen sei, folgende Gliederung:

Oberes Helvetien	Grobe Molasse und Muschelsandstein von Baltringen, Sießen, Pfullendorf, Geröllstufe Schalch's (Muschelsandstein von Stockach, Kargegg, Überlingen).
	St. Galler Schichten (Seelaffe?).
Unteres Helvetien	Citharellenschichten bei Harthausen, Winterlingen, Grobkalk vom Typ Thengen.
	Muschelsandsteine der Alb, Ermingen, Turritellenplatte.
	Bryozoensande von Ursendorf. *Corbula*-Schichten von Schemmerberg.
	Heidenlöcherschichten u. Sandsteinschieferstufe (Schalch) (Ochsenhausen), Rorschacher Sandstein.

Zusammensetzung der Sande im allgemeinen.

1. Mineral-Anteil.

In der Zusammensetzung der Sande weisen die Schichten der Meeresmolasse in Oberschwaben eine ungemeine Einförmigkeit auf, denn die Mineralien, welche sie zusammensetzen, sind stets dieselben. Am häufigsten vertreten ist der Quarz, welcher fast durchweg mindestens ein Drittel der Mineralbestandteile der Sande ausmacht, und je grobkörniger das Sandmaterial ist, desto mehr überwiegt sein Anteil (bis zu 80 und 90 %). Er findet sich in zumeist auffällig eckig splittrigen, seltener abgerundeten Körnchen, die vorwiegend farblos, häufig aber auch grün und rötlich gefärbt sind. Manche Quarzkörner bestehen aus fast ideal reinem Quarz, welcher zwischen gekreuzten Nicols einheitlich auslöscht, so daß jedes Korn aus einem Kristallindividuum besteht. Sehr häufig sind Quarzfragmente, welche undulöse Auslöschung zeigen, teilweise bestehen sie aus einem Mosaik von abwechselnd auslöschenden Quarzindividuen, oder zeigen zahnartige Verwachsungserscheinungen. Andere Körner zeigen die charak-

teristischen Schnüre von Gasporen und Libellen mit Flüssigkeitseinschlüssen, und wieder andere enthalten Einschlüsse von Mikrolithen, wie Zirkon, Rutil und Chlorit. Diese Körner weisen auf ihre Abstammung von Tiefengesteinen, Granit und Eruptivgneis einerseits, andererseits von metamorphen Gesteinen wie kristallinen Schiefer hin. Seltener finden sich Porphyrquarze mit den typischen Grundmasse-Einschlüssen. Gelegentlich treten auch Bruchstücke porphyrischer Grundmasse auf: einige Fragmente zeigten auch granophyrische Verwachsung von Quarz und Feldspat.

Neben den eigentlichen Quarzen kommen auch ziemlich viele Körner von dichtkristallinen Quarzen vor, wie: Kieselschiefer, Hornstein, Jaspis und Chalcedon. Durch ihre Farbe braun, rot, gelb, grau und schwarz fallen sie sehr stark auf; so hält man leicht schwarze Hornsteinfragmente für Fischzähne. Die Körner sind fast durchweg sehr scharfkantig und meist nur schwach abgerundet, sofern sie überhaupt Spuren von Rollung zeigen. Nur in den gröberen Sanden treten sie stärker hervor, hier finden sich dann auch meist größere Hornsteingerölle. Im Dünnschliff erweisen sie sich als mikrokristalline Kieselsubstanz mit mehr oder weniger intensiver Bestäubung durch ein rotes, gelbes etc. Pigment. Die bunte Färbung dieser Hornsteine ist natürlich auf verschiedene Oxydationsstufen von Eisenverbindungen zurückzuführen. Mitunter zeigen sie auch faserige Struktur, und vereinzelt finden sich in der quarzitischen Grundmasse verkieselte Radiolarien.

Die einzelnen Körner sind häufig von Ton und Eisenhydroxydhäutchen umgeben, oder aber sind sie von calcitischer und glaukonitischer Substanz umkrustet. Sehr viele Quarzkörner haben durch in die feinsten Risse und Spalten eingedrungene Glaukonitsubstanz einen grünen Farbton erhalten. In verschiedenen Sandsteinen tritt auch sekundäre Kieselsubstanz als Bindemittel auf und bildet regenerierte Quarze.

Die Feldspäte treten an Menge den Quarzen gegenüber sehr stark zurück. Während der Mikroklin auffallend gut erhalten ist, ist der Plagioklas und besonders der Orthoklas stets mehr oder weniger stark verändert oder auch bis zur Unkenntlichkeit zertört. Die Plagioklaskörner, durch ihre Zwillingsbildung auffallend, finden sich reichlich. Selten dagegen sind die Mikroklinkörner, welche sehr schön die charakteristische Gitterstruktur zeigen. Am häufigsten vertreten ist der Orthoklas, der fast durchweg stark angewittert erscheint und zum Teil Verglimmerung und Epidotisierung zeigt, die

Orthoklaskörner werden stark trüb; mitunter zeigen sie auch einen Zerfall in ein Aggregat einzelner Schüppchen.

Ebenso auffällig ist im Verhältnis zu der Zusammensetzung der Süßwassersande das ungemein starke Zurücktreten der Mineralien der Glimmergruppe. Auch der Glimmer ist meist sehr stark zersetzt, verliert jegliche Lichtbrechungserscheinung, nimmt einen erdigen Anstrich an, und ist nur an seiner Form erkennbar. Viele Körner sind auch mehr oder weniger stark chloritisiert. Nicht sehr häufig ist der Muskovit, der ebenfalls starke Trübung aufweist. Sein Zurücktreten ist besonders bemerkenswert, da in manchen Sanden der oberen Süßwassermolasse Muskovit bisweilen in größerer Menge als Quarz vorkommt, und er in diesen Ablagerungen noch sehr schön erhalten ist. Der Biotit ist deutlich erkennbar, wenn auch entfärbt und zersetzt; er zeigt unter gekreuzten Nicols die typischen lavendelblauen Verwitterungsfarben. Er bildet oft deutlich blätterige Kristalle bezw. Bruchstücke dieser.

Die Schwergemengteile treten zumeist, besonders in den gröberen Sanden, sehr stark zurück. Sie sind stets ziemlich klein und zeigen äußerst geringe Abnutzung im Wasser. Am reichlichsten vertreten ist Granat in blaßroten, seltener fast ganz farblosen Körnern, die meist stark abgerundet sind; nur selten sind einzelne Flächen zu beobachten. Vereinzelt finden sich Fragmente von Melanit. Neben der gewöhnlich dunkelgrünen und braunen faserigen Hornblende findet sich indigoblauer Glaukophan. Die Pyroxenkörner sind fast ausschließlich dunkelgrüner gemeiner Augit. Der Turmalin ist in runden und länglichen Körnchen von schwarzer und brauner Farbe vorhanden; er ist meist rein, seltener treten Zirkonsäulchen und Rutilnädelchen als Einschlüsse auf. Der Zirkon bildet säulenförmige Körner, von welchen einzelne Stücke Rutilnädelchen und Apatit einschließen. Staurolith findet sich in Form von abgerundeten Körnern, mehr noch als ziemlich scharfeckige Fragmente. Rutil in abgerollten Säulchen, Epidot als Körner von gelbgrüner Farbe und außerdem Cyanit. Spärlich vertreten ist Magneteisen und Titaneisen in rundlichen Körnchen.

Neben den Fragmenten von Muschelschalen und Gehäusen kleiner Seetiere, wie Foraminiferen, findet sich Calcit in Form von farblosen Körnern, die in Salzsäure lebhaft brausen. Im Dünnschliff kennzeichnen sich diese Körner von den neugebildeten durch die typische polysynthetische Zwillingsstreifung und durch äußerst starke Doppelbrechung, infolge der die dünnsten Spaltungslamellen noch

das Weiß höherer Ordnung zeigen. Außerdem kommt Calcit als Bindemittel vor; einzelne härtere Bänke sind durch $CaCO_3$ verkittet, und auch in den gewöhnlichen Sanden ist stets etwas Kalk vorhanden, der ihnen eine gewisse Standfestigkeit verleiht[1].

Das kalkige Bindemittel besteht aus reinem bezw. schwach magnesia- und eisenhaltigem Kalk; dieser bildet ein feinkörnig-kristallines Zement, mitunter getrübt durch tonige Beimengungen. Gelegentlich finden sich in einzelnen Sandsteinen pseudoolithische Gebilde von feinkörnig-zelliger Struktur; jedoch bleiben sie ziemlich klein. Sie stellen mehr oder weniger rundliche Zusammenballungen von Kalkschlamm ohne jede weitere Differenzierung dar. In den feinkörnigen Sandsteinen wie im Rorschacher Sandstein fehlen diese Gebilde, bezw. kommen sie wegen ihrer Kleinheit kaum zum Ausdruck.

Die bunte Zusammensetzung der allothigenen Mineralien ebenso wie die Ausbildung der Quarzkörner weisen darauf hin, daß die Sande einerseits Zersetzungsprodukte kristalliner Gesteine darstellen, andererseits weisen die hochkristallinen Calcit- und Hornsteinfragmente auf ihre Abstammung von alpinen Kalken und Hornsteinen hin. Schließlich beteiligen sich am Aufbau der Sande auch Bruchstücke von Gesteinen von winziger Dimension bis zur Kopfgröße. Da die Molassesande die feinsten Zerreibungsprodukte dieser Gerölle darstellen, so haben sie denselben Ursprung wie diese, und so erledigt sich mit der Untersuchung der Gerölle auch die Frage der Abstammung dieses Materials.

An authigenen Mineralien finden sich in den marinen Molassesanden Schwefeleisen und Glaukonit. Ersteres tritt anscheinend vorwiegend in der von Doss als Melnikowit bezeichneten Modifikation auf. In mikroskopischer Kleinheit findet er sich in Form von kleinen schwarzen undurchsichtigen rundlichen Körnchen, wie dies fast in jedem Dünnschliff durch einen Molassesandstein zu beobachten ist. Ebenso in den blauen Mergeln, hier in meist feiner diffuser Verteilung, und bedingt so deren blaue Färbung. Häufig finden sich Quarzkörner, in deren feinste Spalten Melnikowitsubstanz eingedrungen ist, und die dadurch grau bis schwärzlich gefärbt erscheinen. Gelegentlich bildet er auch eine Kruste über einzelne Mineralien und Fragmente von Muschelschalen, in deren feinste Poren er eindringt. Einzelne Kammern von Foraminiferen sind ebenfalls zuweilen mit Melnikowitsubstanz erfüllt. Verhältnismäßig selten ist Pyrit, der sich vorwiegend in größeren

[1] In den marinen Sanden werden vielfach unvermauerte Keller angelegt, während dies in den schüttigen Süßwassersanden unmöglich ist.

unregelmäßigen Klumpen vorfindet. Doss hat den Nachweis erbracht, daß der Melnikowit ein kolloidal gebildetes Schwefeleisen darstellt, und auf diese Weise erklärt sich auch das verschiedenartige Auftreten desselben in unseren Ablagerungen. Im Verlauf seiner Untersuchung über Schwefeleisen kommt er zu dem Schluß, daß der Melnikowit nur eine labile Form darstelle und sich in Pyrit umwandeln könne. Jedoch den Beweis der Umbildung hat er nicht erbracht. Gerade das innige Vorkommen von Melnikowit und Pyrit, wie man es häufig in Kalksteinen beobachtet, kann meines Erachtens ebensowohl eine rein mechanische Vermengung beider Substanzen darstellen, wie dies ja auch für Pyrit und Markasit angenommen wird. Doss selbst bemerkt, daß er es auffallend finde, daß in manchen Kalken und Tonen keine Umwandlung eintrete und der Melnikowit erhalten bleibe.

Der Glaukonit erscheint meist in Körnern von grünlicher Farbe und bildet rundliche, kugelig bis ellipsoidische, zum Teil halbmond-, bohnen- und walzenförmige Gebilde. Häufig zeigen sie auch unregelmäßig traubenförmige oder brombeerartig zusammengeballte Form mit vielfach zerlapptem und zerrissenem Rande. Bei Behandeln mit verdünnter HCl treten die Nähte zwischen den einzelnen Körnchen solcher zusammengeballter Klümpchen stärker hervor und zeigen deutlich, daß diese durch Verwachsung mehrerer kleiner Körnchen entstanden sind. Seltener finden sich homogene Körner von unregelmäßigen Umrissen. An der Oberfläche sind sie meist glatt, selten zeigen sich Spuren einer netzartigen Zeichnung oder warzenförmige Erhöhungen. In der Farbe schwanken sie von schwachem Hellgrün bis zum intensivsten Dunkelgrün; vereinzelt zeigen auch manche Körner eine braunrote Farbe, wohl infolge von Zersetzungserscheinungen. Im Dünnschliff erweisen sie sich meist als einheitliche Masse, seltener zeigen sie eine granulierte Struktur (abwechselnd hellere und dunklere Flecke). Unter gekreuzten Nicols zeigen sie Aggregatpolarisation und einen meist nur schwach wahrnehmbaren Pleochroismus von graugrün—dunkelgrün. Nur an einzelnen wenigen Körnern ist eine Differenzierung in Form eines schwach radialfaserigen Randes mit deutlichem Pleochroismus zu beobachten. Die Zersetzung äußert sich durch das Auftreten roter Flecken in den Randpartien und schreitet unregelmäßig in das Innere fort. Der Glaukonit besitzt eine schwache, jedoch deutlich wahrnehmbare Doppelbrechung. Die Glaukonitkörner sind nicht rein, sondern enthalten Einschlüsse von Foraminiferenschalen und Schalenreste von Organismen einerseits,

andererseits von Mineralien. Ich beobachtete Quarz, Feldspat, Calcit, Pyrit, Melnikowit, Mikrolithen und braune tonige Körnchen. Nach Collet und Lee können alle mineralischen Bestandteile des Sediments als Einschlüsse auftreten.

Das spez. Gewicht schwankt von 2,4 -2,8. Dieses wurde nach der Schwebmethode in schwerer Lösung (Bromoform) festgestellt. Weniger von Belang sind hier die zahlreichen Einschlüsse als die Zusammensetzung der Körner selber; die helleren Körner fallen bei niederem Gewicht, während die dunkelgrünen erst bei höherem spez. Gewicht niederfallen. Im allgemeinen sind die Körner klein in den feineren Sanden und schlickartigen Mergeln, größere Körner finden sich in den gröberen Ablagerungen. Selten sind sie jedoch größer als 1 mm im Durchmesser.

Wegen ihrer eigentümlichen Form erinnern die Glaukonitkörner oft an Foraminiferensteinkerne. Ehrenberg hat sich erstmals eingehend mit dem Studium des Glaukonits beschäftigt und hat diese Körner als Ausfüllungsmassen von Foraminiferen beschrieben. Auch Miller hat die in diesen Schichten vorkommenden Glaukonitkörner schlechtweg als solche erklärt und eine Anzahl derartiger Foraminiferensteinkerne beschrieben und abgebildet. Gegen diese Auffassung wendeten sich bereits Schalch und auch Gümbel, welchem Schalch das Material vorlegte.

Ich habe aus den Sanden nahezu 500 Foraminiferen isoliert, und unter diesen fanden sich kaum 40 Stück, bei denen einzelne oder mehrere Kammern mit glaukonitischer Masse erfüllt waren, und nur etwa 5 Stück waren mit dieser Substanz so erfüllt, daß sich förmliche Steinkerne von Glaukonit bildeten, jedoch waren die Schalen stets erhalten. Nach Murray und Renards bilden sich die freien Glaukonitkörner durch Sprengung der Foraminiferenschale und durch Weiterwachsen der Glaukonitsubstanz. Die übrigen Foraminiferen waren entweder leer, oder aber bei der Mehrzahl waren die einzelnen Kammern mit einer schwarzbraunen, ganz oder nahezu undurchsichtigen brauneisenartigen Substanz erfüllt; einige Male konnte ich beobachten, daß die eine Kammer mit Glaukonit und die andere mit dieser braunen Masse ausgekleidet war. Bezeichnend ist nun aber, daß sich in den marinen Sanden Oberschwabens etwa 10—25 % Glaukonitkörner finden, und dagegen machen die Foraminiferenschalen kaum ein Prozent des Sedimentes aus.

Wollte man nun an der Annahme der Bildung dieser Körner als Foraminiferensteinkerne festhalten, so bliebe nur übrig, sie ebenfalls

als eingeschwemmt zu betrachten, wie dies übrigens in älteren Arbeiten über die Molasseschichten teilweise angenommen wird. So bezeichnet sie Rühl als Flyschkügelchen[1]. Demgegenüber steht aber das Vorkommen von glaukonitischer Substanz als feine Kruste über Schalenfragmente und Mineralien und als Pigment. Collet und Lee betrachten dieses Vorkommen zwar als sekundäre Bildung und nennen diese Modifikation „Glauconie épigenique". Sie nehmen an, daß durch Aufarbeitung des Grundes die Glaukonitkörner zerrieben wurden und sich so feines Pigment gebildet habe. Jedoch läßt sich diese Anschauung, wie ich an einer großen Zahl von Präparaten von glaukonitischen Gesteinen beobachtete, nicht halten.

Um ganz sicher zu gehen, isolierte ich solche Körner, die durch ihr Aussehen an Steinkerne erinnerten, und ließ von ihnen ein Dünnschliffpräparat anfertigen; sie zeigten sich aber aus ganz einheitlicher Substanz zusammengesetzt, ohne jede Differenzierung, und unterschieden sich nicht von den übrigen Körnern. Hätten wir es aber mit Foraminiferensteinkernen zu tun, so müßten wenigstens bei den zusammengesetzten Formen (einzelne Körner können gelegentlich wohl als Ausfüllungsmassen einzelner Kammern entstanden sein) noch Spuren der inneren Kammerwände, die Andeutung der Kammerung und Reste von Embryonalkammern vorhanden sein. Und es erscheint doch wenig wahrscheinlich, daß bei der größeren Zahl der in einem und demselben Gestein enthaltenen Foraminiferen die Schalen durchweg der Zerstörung anheimfielen, während sie bei einigen sich mehr oder weniger intakt erhielten, und von diesen nur verhältnismäßig wenige Glaukonit enthalten. Ein ähnliches Bild nur noch in die Augen fallender bieten die glaukonitischen Sandsteine vom Kressenberg.

Wie schon erwähnt, erscheint der Glaukonit auch sehr häufig als dünne Kruste auf der Oberfläche von Konchyliensteinkernen, Austernschalen, Foraminiferenschalen etc. Ebenso umkrustet er einzelne Mineralfragmente und tritt in den Sandsteinen als fein zerteiltes Bindemittel auf. Sehr häufig sind die feinsten Spalten und Risse des Quarzes mit feiner Glaukonitsubstanz erfüllt. Es sind ja größtenteils aus kristallinen Gesteinen stammende Quarzfragmente, die daher von feinsten Rissen und Spalten durchzogen sind, und die durch die eingedrungene glaukonitische Masse eine grünliche

[1] Gegen diese Auffassung spricht schon das Fehlen des Glaukonits in dem Material der oberen und unteren Süßwasserschichten. Und bei seiner geringen Härte wäre er bei dem Transport zweifellos zerrieben worden.

Färbung zeigen. Der gleiche Vorgang ist auch an Feldspatkristallen zu beobachten. Der Glaukonit folgt hier den Spaltrissen derselben, sei es durch eine Anzahl mehr oder weniger nahe aneinander gelagerter Pünktchen, sei es durch parallele Züge. Ähnliches konnte ich auch bei einigen Glimmerkristallen beobachten. Gar mannigfaltig und häufig sind Verwachsungserscheinungen von Calcit und Glaukonit. Meist findet er sich in unregelmäßigen Flecken in größerer und kleinerer Menge in calcitische Grundmasse eingelagert; nur selten bildet er Pseudomorphosen nach Calcit. Öfters ist er noch in Form von kleinen Kügelchen, die meist auf einer Fläche mit geringer Ausdehnung in großer Zahl ausgebreitet sind, vorhanden: Cayeux nennt diese Form „Glauconie globulaire". Mitunter dringt die glaukonitische Substanz auch in die Poren der Organismenschalen ein und bildet so das Versteinerungsmittel. Eingehende Studien über das Auftreten des Glaukonits und sein chemisches optisches Verhalten, deren Ergebnisse ich demnächst in einer monographischen Studie veröffentlichen werde, haben mich zu der Annahme geführt, daß der Glaukonit zunächst in kolloidaler Form zur Abscheidung gelangte.

Das Vorkommen des Glaukonits ist nur auf marine Ablagerungen beschränkt, und so ist dieser gewissermaßen ein „Leitfossil" für marine Bildungen. In unseren Ablagerungen bedingt er die grünliche Farbe der marinen Molassesande. Auf Grund der Untersuchung der minerogenen Komponenten der modernen glaukonitischen Ablagerungen hat sich ergeben, daß der Kalifeldspat und Kaliglimmer bei der Zersetzung das zur Glaukonitbildung nötige Kalium liefern, es wurde beobachtet, das beide Mineralien nicht allzu häufig, und dann meist stark zersetzt, unter Einwirkung der chemischen Agentien im Meerwasser vorkommen. Cayeux hat in den „Tuffeaux und Gaizes" des Pariser Beckens ganz entsprechende Beobachtungen gemacht, und ganz dasselbe Bild bieten auch die von mir untersuchten Sedimente der marinen Molasse Oberschwabens. Daß vorwiegend Muscovit zersetzt wurde, beweist sein geringes Auftreten in den Muschelsanden, während er in den Ablagerungen der oberen und unteren Süßwassermolasse in so großer Menge auftritt, und wohl anzunehmen ist, daß während der ganzen Zeit der Molasseablagerungen im großen ganzen so ziemlich dasselbe Material eingeschwemmt wurde, wie auch die übrigen mineralischen Komponenten zeigen.

Das Auftreten des Glaukonits und des Schwefeleisens wie der ganze Habitus der Ablagerungen der marinen Molasse Oberschwabens

weist darauf hin, daß sie den rezenten Blauschlickbildungen entsprechen dürften und terrigene Ablagerungen darstellen.

Ungemein reichlich ist tonige Substanz vorhanden. Wohl ist anzunehmen, daß der größte Teil bereits auf dem Kontinent gebildet wurde, doch stellt ein Teil sicherlich marine Neubildung dar und ist als Zersetzungsprodukt von Aluminiumsilikaten zu betrachten. Zum Teil ist die schlammige Substanz auch als Produkt der gegenseitigen Abreibung der Gesteine im Wasser zu betrachten, wie dies ja aus Daubrée's Experimenten hervorgeht.

Fast in allen Sanden der Meeresmolasse sowohl als auch in den Sanden der oberen und unteren Süßwassermolasse finden sich eisenreiche Kernkonkretionen. Besonders auffallend in dieser Hinsicht sind die feinen Sande, welche bei Mietingen den Muschelsandstein unterlagern. Die dortigen Sande sind förmlich gespickt mit diesen Gebilden von kugeliger und ellipsoidischer Form von konstanter Dimension 1—1½ cm Durchmesser. Seltener trifft man größere unregelmäßig gebildete Knollen (bis zu Walnußgröße), welche mitunter bizarre Ausbildung zeigen. Im Innern der Konkretion findet sich ein bald eisenarmer bald etwas eisenreicher Sandkern, darauf folgt eine etwas schmälere Zone von rotem oder braunem, in der Regel ziemlich festem Sand; schließlich eine meist ziemlich dicke, seltener dünnschalige Hülle von einigen Millimeter Durchmesser, in der das Eisen stark angereichert ist. Das Eisen tritt als Eisenoxyd vom Charakter des den roten Glaskopf bildenden Hämatits auf und wird oberflächlich in braunen Limonit umgewandelt. Im Anbruch ist es schwarz, etwas metallisch glänzend. Nach außen zu werden die Konkretionen gewöhnlich durch eine braune rauhe Sandkruste begrenzt. Das Material der Konkretion ist ziemlich feinkörnig und von demselben Korn wie das des sie umgebenden Sandes. Auch zeigt sich am Rande der Konkretionen keine besondere Struktur. Quenstedt betrachtet diese Bildungen als verwitterte Schwefelkiesknollen; jedoch ist demgegenüber zu betonen, daß bei der petrographischen Untersuchung des Sandes sich nur etwas Schwefeleisen als Melnikowit in Form kleinster schwarzer Körnchen vorfand, nicht aber Pyrit. Auch spricht die Lagerungsform dafür, daß es sich um eine rein primäre Bildung handelt. Wie schon erwähnt, sind auch einzelne Kammern von Foraminiferen ebenfalls von einer schwarzbraunen, ganz oder nahezu undurchsichtiger brauneisenartiger Substanz erfüllt. In einer eingehenden Studie beschreibt Graber ganz ähnliche Kernkonkretionen aus dem Quadersandstein der nordböhmi-

schen Kreideplatte. Unter seinen Erklärungen für die Genesis dieser Bildungen scheint mir sein Versuch, den er auf den Ergebnissen des Traube'schen Experiments aufbaute, auch für die Deutungen der vorliegenden Bildungen, von Wert zu sein. „In einem Becherglas wurde ein zäher Brei von Sand und einer kalt gesättigten Eisenvitriollösung hergestellt. An der Innenwand des Becherglases wurden Stückchen von Ätznatron oder Ätzkalk (Marmor) eingeführt; es entstanden spontan Blasen, die mit einer dünnen Haut von Eisenoxydulhydrat umgeben waren. Diese amorphe Membran wuchs mehrere Tage lang. Nach einem Tag war die Dicke der Rinde der etwa 2 cm großen Konkretion bereits 2 mm groß und so fest, daß man sie mit einem Holzstab kaum mehr durchstoßen konnte. Nach längerem Stehenlassen verwandelte sich die Kruste in Eisenhydroxyd und wurde fester. Nach einigen Wochen war die Rinde fest, am Bruch schwarz und glänzte metallisch. Sie bestand aus einem Gemisch von Sand und Eisenoxyd. Am Rande war Limonit." Ganz ähnlich mag auch am Meeresgrunde durch die Diffusion von Eisenhydroxyd in die Sandmassen die Bildung der vorliegenden Gebilde erfolgt sein.

Überall in den marinen Ablagerungen in den Sanden und in den Mergeln, häufig sogar schichtweise angereichert finden, sich die sogen. Brauseknollen. Quenstedt beschreibt sie folgendermaßen: „Die Sande sind mit weißen Knollen gespickt, die ihrem Aussehen nach an Magnesit oder Aluminit erinnern, aber in Säure wie Kreide brausen. Wir nannten sie daher scherzhaft Brauseknollen. Sie zerreiben sich zu einem weißen Mehl, das unter dem Mikroskop aus lauter kleinen, das Licht polarisierenden Rhomboedern besteht. Auf der Oberfläche nehmen diese Brauseknollen häufig Eindrücke des gröberen Sandes an, und können uns dann an große Nulliporen des Wiener Beckens erinnern, doch fehlt ihnen die organische Textur." Die Brauseknollen bestehen ausschließlich aus $MgCO_3$ und $CaCO_3$, eingelagert findet sich etwas Sand und Tonsubstanz. Sie sind typische konkretionäre, septarienartige Bildungen. Außen zeigen sie dichte Struktur und im Innern die für Septarien bezeichnenden Hohlräume und Innenzerreißungen. Seltener bilden sie große, knollenartige Anhäufungen, meist kommen sie in Form von kleinen, unregelmäßig rundlichen, scheibenartigen Gebilden vor, mitunter bilden sie jedoch auch durch Zusammenballung Aggregate mit z. T. bizarren Formen. Durch Aufnahme von reichlich toniger Substanz verlieren sie ihre weiße Farbe und bilden Übergänge zu den eigentlichen Septarien.

Diese Brauseknollen finden sich nicht nur in marinen Bildungen, sondern ebenso in der oberen und unteren Süßwassermolasse und in den Brackwasserschichten von Ober- und Unterkirchberg.

Neben den typischen Brauseknollen finden sich, aber nur auf die marinen Ablagerungen beschränkt, gelblichbraune kalkige Septarien. Sie bestehen aus ziemlich reinem Kalk, seltener enthalten sie etwas Magnesium und Tonsubstanz. Im Dünnschliff zeigt die Grundmasse eine wolkig-flockige Struktur, die sich bei Anwendung stärkster Vergrößerung in ein feinkörnig-zelliges Aggregat auflöst. Die Grundmasse ist durch tonige fleckige Beimengungen etwas getrübt. Selten finden sich einzelne Stellen mit gröber ausgebildetem Korn. An den Stellen, wo die Zerreißung erfolgt ist, sind die einzelnen Calcitindividuen grobkristallin ausgebildet. Unregelmäßig verbreitet finden sich kleinere Spältchen in großer Zahl, die senkrecht gegen die größeren, quer verlaufenden Sprünge orientiert sind. In den größeren Spalten sind einzelne Mineralien eingelagert, die anscheinend nachträglich eingeschwemmt wurden. Die Septarien bilden teilweise unregelmäßige Knollen und knollige Aggregate. Mitunter sind sie lagenförmig angehäuft und verwachsen zu größeren, mehr plattigen Bildungen, die bandförmig die Sande und Mergel durchziehen. Die Oberfläche ist meist gekröseartig ausgebildet, und die Hohlräume sind mit sandigem und mergelartigem Material erfüllt. In den Sanden sind die Septarien meist ganz unregelmäßig eingelagert.

2. Hartgebilde organischen Ursprungs.

Foraminiferen.

Größtenteils sind die Formen gut erhalten, mitunter jedoch sind einzelne Kammern etwas beschädigt. Die Schalen, die aus doppelbrechendem Kalk bestehen, sind meist verhältnismäßig dick. Häufig sind auch die einzelnen Kammern mit toniger, brauneisensteinartiger und glaukonitischer Substanz erfüllt. Bereits Schalch weist bei seiner Besprechung des Glaukonits auf das Vorkommen von Foraminiferen mit wohlerhaltener Schale in dünnen Mergelzwischenlagern unter der Ruine Bodmann hin und Schmiedle[1] hat in jüngster Zeit einzelne Formen abgebildet.

Miller hat, wie schon bemerkt, die Glaukonitkörner der Meeresmolasse schlechtweg als Foraminiferensteinkerne erklärt und nach

[1] Die Abbildung Nr. 8 bei Schmiedle scheint ein Schalendurchschnitt durch die Jugendform einer Bivalve zu sein.

jenen eine Anzahl von Formen aufgestellt und beschrieben. Nach meinen Untersuchungen sind diese Gebilde jedoch als reine Konkretionsbildungen zu betrachten, und daher sind die von Miller aufgestellten Arten zu kassieren.

Bei der petrographischen Untersuchung des Sand- und Mergelmaterials der marinen Schichten fanden sich neben den mineralischen Komponenten stets[1], wenn auch fast durchweg nur in verhältnismäßig geringer Zahl (kaum 1%), Foraminiferen und Stacheln von Seeigeln.

Vertreten sind folgende Formen:

Orbulina universa d'Orb., *Globigerina regularis* d'Orb., *G. bulloides* d'Orb., *G. bilobata* d'Orb., *G. quadrilobata* d'Orb., *Nodosaria badensis* d'Orb., *N. longiscata* d'Orb., *N. apertebralis* d'Orb., *N.* spec. *Lagena distima* Parker and Jones, *L. laevis* d'Orb., *Textularia deperdita* d'Orb., *T. Brongniarti* d'Orb, *T.* spec., *Rotalina opercularis* d'Orb., *Discorbina simplex* d'Orb., *Robulina Kalembergensis* d'Orb., *Nonionia punctata* d'Orb., *Anomalina austriaca* d'Orb., *A. arimiensis* d'Orb., *A. rotula* d'Orb., *Truncatulina Wüllersdorfi* d'Orb., *T. angeriana* d'Orb., *Polymorphina oblongata* d'Orb., *Longulina rotundata* d'Orb., *Bulimina elongata* d'Orb.

Psammechinus.

Stacheln von *Psammechinus* wohl *P. dubius* Ag. Meist ist die Spitze abgebrochen; mitunter ist die Textur noch sehr gut erhalten. Es zeigt sich eine sehr feine Längsstreifung. Die Radiolen sind sehr zarte Gebilde von $CaCO_3$. Ton und Glaukonit treten als Füllmaterial auf. In den Bryozoensanden bei Ursendorf finden sich daneben auch zahlreiche Fragmente der übrigen Hartgebilde von Seeigeln.

Koprolithen.

In den Ablagerungen des Baltringer Muschelsandsteins fallen neben den Geröllen länglichrunde, zigarrenförmige Gebilde, die bis zu Fingergröße erreichen, in die Augen. Die äußere Farbe ist brauntiefschwarz, im Innern sind sie fast durchweg braungelb. Die ganze Masse ist steinmarkähnlich, dicht und zugleich löcherig.

[1] In den feineren Sanden sind die Foraminiferen verhältnismäßig klein, während sie in den gröberen Sanden viel größerer werden. Man sieht daraus wie sowohl das organogene als auch das anorganische Material, von den Schwermineralien abgesehen, durch die Wasserbewegung nach der Korngröße geordnet wird.

Einzelne zeigen schwach zonare Struktur im Innern, doch fehlt bei den meisten fast jegliche Differenzierung. Größtenteils sind diese Gebilde stark abgerollt, nur an einigen wenigen beobachtet man spiralige Windungen, und nach Probst fanden sich in einigen Exemplaren kleinere Knochenreste. In Salzsäure sind sie vollständig löslich bis auf einen braunen, flockigen Rückstand, der auf dem Platinblech beim Glühen sich als organische Substanz erweist.

Der in Salzsäure in Lösung gegangene Teil besteht vorwiegend aus CaO, MgO, P_2O_5, CO_2 mit Spuren von FeO, MnO u. Al_2O_3. Dies alles weist darauf hin, daß wir hier fossile Fäcesreste vor uns haben. Neben diesen regelmäßigen Formen finden sich in überwiegender Zahl unregelmäßige knollige Klumpen von beinahe der Größe einer Kinderfaust bis zur Erbsengröße. Sie werden wohl auf die Haifische und Meeressäugetiere, deren Reste in Baltringen ja sehr zahlreich sind, zurückzuführen sein. Im Dünnschliff erweist sich die Masse als weißlichgelbe Substanz von vorwiegend brauner Bestäubung. Unter gekreuzten Nicols ist sie isotrop. Bei starker Vergrößerung macht die Grundmasse den Eindruck einer gelatineartigen Schicht mit darin eingebetteten kleinkörnigen braunen Gebilden in wolkiger Form. Vereinzelt fanden sich noch Spuren von kieseliger Substanz in Form kleiner Aggregate. Herr Dr. Gaub war so liebenswürdig, mir zum Vergleich einige Dünnschliffe durch Koprolithen von Ichthyosauriern ausdem Lias ε zur Verfügung zu stellen. Auch hier beobachtete ich eine weißlich-gelbliche, dichte, gelatineartige Grundmasse, die sich unter gekreuzten Nicols ebenfalls als isotrop erwies. Eingelagert sind ebenfalls, wenn auch seltener, Reste von organischer Substanz, reichlich Schwefeleisen in der Modifikation des Melnikowit und z. T. kleine kalkige Schalengebilde. Die Struktur der Masse weist darauf hin, daß sie einem erstarrten Gel zu vergleichen ist, das sich mehr und mehr verdichtet hat: die Fäces werden größtenteils aus den Zersetzungsprodukten organischer Substanzen aufgebaut, und diese besitzen ja größtenteils Kolloidcharakter.

3. Gerölle aus dem Muschelsandsteinhorizont von Äpfingen, Baltringen und Mietingen.

Die Gerölle sind meist gut gerundet; ihre Größe schwankt von Walnußgröße bis zu Faustgröße; meistens sind sie jedoch ziemlich klein. Im allgemeinen sind sie gut erhalten und sind nur sehr schwach angewittert. Sie liegen in den Sanden immer ganz lose, während sie in den härteren Muschelsandsteinbänken durch kalkiges

Bindemittel sehr stark verkittet sind. Sie finden sich nicht allzuhäufig; nirgends kommt es zu einer Nagelfluhe oder Konglomeratbildung.

Gneise.

Enteneigroßes Gerölle von einem körnig-schuppigen Gneis, anscheinend Zweiglimmergneis, und zwar heller Glimmer vorherrschend. Wohl alpinen Ursprungs.

Gruppe von granitgneisartigen Gesteinen, flaserig, mehr oder weniger deutlich parallelstruiert, unregelmäßig lagenförmig; teils nur Muskovit, teils Biotit führend, teils zweiglimmerig mit Zeichen deutlicher Pressung. Zweifellos sind die Gesteine mehr oder weniger stark dynamometamorph beeinflußt. Bemerkenswert sind daneben auch Gerölle, welche ein primäres Parallelstrukturvorkommen aufweisen und die man als Muskovitgneise bezeichnen könnte. Die letzteren fehlen im Schwarzwald, wie überhaupt die Gesteine dieser Gruppe den Eindruck alpinen Ursprungs erwecken. (25 Gerölle.)

Granitartiger Eruptivgneis mit primärer Parallelstruktur. Der Quarz ist lagenartig gehäuft und zeigt mikroskopisch pseudopodienartige Begrenzungsformen. An Feldspäten sind vorhanden: Plagioklas, Orthoklas und etwas Mikroklin; sie zeigen schwache Epidotisierung. Dazu kommt primärer Muskovit und Biotit, letzterer ist teilweise stark chloritisiert. Opake Erzkörnchen. Es ist ein primär ungepreßtes Gestein, wohl vom Schwarzwald stammend.

Protogynartiger Granitgneis, anscheinend stark gepreßt; ziemlich feinkörnig. Zweiglimmerig. Der Glimmer ist sehr stark epidotisiert. Anscheinend alpinen Ursprungs.

Granit und Granitporphyr.

Kleinkörniger, rötlicher Granit mit Quarz, Plagioklas und Orthoklas. Der Biotit tritt sehr stark zurück und ist schwach chloritisiert. Die Feldspäte zeigen größtenteils starke Epidotisierung und der Quarz schwache undulöse Auslöschung. Das Gestein ist nur schwach gepreßt und stammt wohl vom Schwarzwald.

Mittelkörniger roter Granit. Der rote Orthoklas ist angewittert und sehr stark getrübt. Quarz und Feldspatsubstanz durchdringen sich gegenseitig und zeigen kataklastische Struktur. Der Biotit ist vollständig in Chlorit umgewandelt. Außerdem titanhaltiges Erz in mehr oder weniger deutlich ausgeprägter Kristallform. Er ist ein typischer Ganggranit vom Charakter der Schwarzwälder Ganggranite.

Grobkörniger Granit, besteht mikroskopisch vorwiegend aus weißem Orthoklas, grünem Plagioklas und grauem Quarz. Die Quarze sind stark in sich zertrümmert und zeigen undulöse Auslöschung. Die Feldspäte sind stark epidotisiert. Stark ausgebleichter Biotit. Titanit. Das Gestein ist stark gepreßt. Typischer Protogyn, möglicherweise alpinen Ursprungs, kann aber auch vom Schwarzwald stammen.

Gruppe rötlicher Granite, z. T. grobkörnig, vorwiegend mittel- und feinkörnig; in der Regel glimmerarm; sie gleichen einerseits manchen

der rötlichen Granite aus der Riginagelfluh, andererseits gewissen rötlichen Haupt-, Gang- und Schlierengraniten aus dem südlichen Schwarzwald. Pressungserscheinungen fehlen vollständig oder sind nur ganz gering entwickelt. (20 Gerölle.)

Rötlicher Mikrogranit; sehr feinkörnig. Ursprung zweifelhaft.

Hellfarbige, weißliche Granite. Der Glimmer ist meist chloritisiert. Die Anzeichen von Pressung fehlen oder sind unscheinbar. Es sind nicht eigentliche Protogyne, sie scheinen aber möglicherweise ostalpinen Typen anzugehören. Bei einigen ist die Herkunft unsicher, sie könnten wegen der geringen Pressung auch aus dem Schwarzwald stammen. (15 Gerölle.)

Mittelkörniger Granit, besteht aus weißem Orthoklas, grünem Plagioklas, Quarz und Biotit. Die Quarze sind stark gepreßt, rissig und zeigen undulöse Auslöschung. Die Feldspäte sind ebenfalls etwas gepreßt, z. T. stark zersetzt. Albitausscheidung. Wanderung von chloritischer Substanz; Neubildung von hellem Glimmer. Stammt wohl vom Schwarzwald.

Rötlicher Granit, stark gepreßt; protogynartig mit starker Epidotbildung. Mittel- und feinkörnig. Anscheinend alpinen Ursprungs. (2 Gerölle.)

Weißer mittelkörniger Granit mit Biotit und Muskovit. Zweiglimmergranit. Zeigt keine Pressungserscheinungen; er stammt wohl vom Schwarzwald.

Mittelkörniger, hellfarbiger grüner Granit, ziemlich glimmerreich, mit Zeichen schwacher Pressung; er zeigt eine grünliche Verfärbung gewisser Feldspäte ähnlich wie in manchen Juliergraniten.

Neben diesem größeren Geröll ist noch ein kleineres vorhanden von genau derselben Ausbildung.

Grobkörniger pegmatitischer Granit, glimmerarm, mit geflammten, tintig gefärbten Feldspäten, wie man sie häufig in der nördlichen Gneiszone der Alpen findet (Grindelwaldgebiet).

Glimmerreicher Granit mit idiomorph ausgebildeten Biotiten. Das Gestein mit deutlichen Pressungserscheinungen, die Biotite zeigen Biegung.

Kleinkörniger Amphibolbiotitgranit, anscheinend kein Schwarzwaldtypus.

Mikrolithischer rötlicher Granit mit Pinit: könnte aus dem Schwarzwald stammen.

Granitisches Gestein. Es zeigt die Struktur mancher Gang- und Schlierengranite, wie z. B. aus dem Schwarzwalde. Gegenseitige Durchwachsung der farblosen Hauptbestandteile; vorwiegend Gemenge von Plagioklas und Quarz, die mannigfach verzahnt und gebuchtet ineinander eingreifen. Die Feldspäte sind reich an Einschlüssen, vor allem an hellem Glimmer, außerdem Chlorit und Apatit.

Feinkörniger Aplit mit Biotit. Das Gestein zeigt keine Pressungserscheinungen und stammt wohl aus dem Schwarzwald.

Granitporphyr mit sehr großen porphyrischen Quarzen und vollkommen idiomorph begrenzten, wesentlich zurücktretenden Feldspäten.

Die Grundmasse besitzt mikrogranitische Struktur. Er stammt möglicherweise aus dem Schwarzwald.

Granitporphyr mit mikropegmatitischer Struktur und prachtvoller granophyrischer Verwachsung von Quarz und Feldspat. Die Grundmasse besteht aus einem Mosaik von Quarz und Plagioklas mit eingestreuten Schüppchen von hellem Glimmer. Die größeren Einsprenglinge sind Quarze und weißer Feldspat. Selten ist stark chloritisierter und z. T. zu Titaneisen zersetzter Biotit. Anscheinend aus dem Schwarzwald stammend.

Ziemlich grobkörniger Granitporphyr mit Einsprenglingen von rotem und weißem Feldspat und grauem Quarz. Quarz und Feldspat zeigen z. T. mikropegmatitische Verwachsung. Schön idiomorph begrenzte Kristalle von Orthoklas und Plagioklas, meist stark verglimmert. Der Biotit ist sehr stark zersetzt und in Chlorit und Eisenerz umgewandelt. Das Gestein ist stark verwittert und von braunen hämatitischen Streifen durchzogen. Es gehört zu den Gang- und Schlierengraniten und stammt vom Schwarzwald.

Rote Granophyre mit ausgeprägter sphärolithischer Ausbildung. Die Grundmasse besteht z. T. vorwiegend aus Felsosphäriten, die sich bisweilen in Form einer Aureole um die porphyrischen Einsprenglinge herumlagern. Der Albit zeigt sehr schön die Schachbrettstruktur. Das Gestein stammt wohl aus dem Schwarzwald. (4 Gerölle.)

Porphyrischer Mikrogranit von grünlicher Farbe mit weißen, rötlichen und grünen Feldspäten. Die Grundmasse ist ein Gemenge von vorwiegend Quarz und Feldspat mit etwas zersetztem Biotit. Der Quarz zeigt mitunter deutlich radialfaserige Ausbildung. Die Feldspäte sind stark epidotisiert. Anscheinend ebenfalls vom Schwarzwald stammend.

Kugelporphyr von ziemlich grobkristalliner Ausbildung. Die Quarze sind teilweise zertrümmert. Die Feldspäte, Plagioklas und Orthoklas, sind stark getrübt und zeigen schwache Epidotisierung. Gut zu beobachten ist die Umwandlung des Biotits in Eisenerz. Eigentümlich ist, daß ein großer Teil der einzelnen Mineralfragmente von einem rotbraunen Saum umgeben ist; es beruht wohl auf Zersetzungserscheinung. Wohl ebenfalls vom Schwarzwald stammend.

Grüner, stark epidotisierter (?) Quarzporphyr mit ziemlich feinkörniger Grundmasse. Die eingelagerten größeren Individuen von Quarz sind stark magmatisch korrodiert. Die Feldspäte sind teilweise noch ziemlich frisch, der größte Teil jedoch ist stark getrübt und verglimmert. Der Augit ist stark zersetzt; ebenso der selten auftretende Olivin. Bei der Zersetzung des Olivins bilden sich reichlich schwarzes Eisenerz (Ilmenit) und braune Eisenverbindungen. Das Gestein ist stark zersetzt.

Vitrophyrischer Quarzporphyr mit stark umgeänderter brecciöser Struktur der Grundmasse. Die Quarze sind meist magmatisch korrodiert und z. T. von Sprüngen durchzogen; einzelne zeigen deutlich geschweifte Bildung. Diese ganze Ausbildung weist auf Pressung und Streckungserscheinungen im zähflüssigen Magma hin. Der Biotit ist von Titanitlagen durchzogen und stark gebleicht. Die Feldspäte sind Plagioklas und Orthoklas, letzterer ist stark epidotisiert. Mikroskopisch

Pigment ist die Grundmasse ziemlich getrübt. Das Geröll zeigt zonare Ausbildung mit konzentrischen Ringen. Die äußeren Ringe sind gekennzeichnet durch lokale Anhäufung eines braunen Pigments. Die Radiolarien sind nicht mehr genauer bestimmbar.

Gruppe von Radiolarienhornsteinen in typischer Ausbildung in fast allen farbigen Abstufungen: schmutzigrot, braun, grauviolett, schwärzlich, grün geflammt bis nahezu lauchgrün; in der Regel sind sie durchsetzt von zahlreichen, kreuz und quer verlaufenden Sprüngen, die mit Kieselsäure und vorwiegend Calcit erfüllt sind. Sie sind ungemein zahlreich vorhanden, meist in nußgroßen Stücken und zweifellos alpinen Ursprungs. (70 Gerölle.)

Gelbliche, weißlichgraue Hornsteine aus dem Weißen Jura. Dieselben zeigen äußerlich völlige Uebereinstimmung mit den von der Alb stammenden. Es sind offenbar dieselben Hornsteine, die sich auch in altdiluvialen Neckarschottern finden. (10 Gerölle.)

Weißlichgraue und gelbgraue Hornsteine, die eine gewisse Aehnlichkeit haben mit verschiedenen Hornsteinen der Alb, aber doch weniger homogen hornsteinartig erscheinen wie die Weiß-Jura-Hornsteine, die immer das Aussehen von Flint oder Feuerstein haben. Schon beim Betrachten mit der Lupe erinnern sie gelegentlich an gewisse Kieselkalke der Alpen und in gewisser Hinsicht auch an die Radiolarienhornsteine. Teilweise sind sie durchsetzt von Kalkspatschnüren. (8 Gerölle.)

Stark verwitterter dunkelgrauer Kieselkalk, durchzogen von Calcitgängen. Oberflächlich stark ausgelaugt, porös. Der Dünnschliff zeigt eine mikrokristalline kieselige Grundsubstanz, ganz erfüllt mit mikrokristallinen Calcitindividuen. Beigemengt findet sich zu einzelnen Klumpen zusammengeballte braungraue tonige Substanz. Die Radiolarien sind selten.

Rauchgrauer Kieselkalk. Die Grundmasse stellt ein Gemisch von vorwiegend feinkristalliner Kieselsubstanz und Kalkspat dar. Letzterer findet sich sowohl in mikrokristalliner Form als auch in größeren Elementen, mitunter bildet er deutliche Rhomboeder. Die Sprünge sind ganz erfüllt mit stark lamellarem Calcit. Durch fein zerteilte Tonsubstanz und Eisenoxyd ist das Gestein gefärbt.

Stark angwitterter graubrauner Kieselkalk, durchsetzt von ziemlich groben Gängen. Die Grundmasse ist mikrokristalline, mit Kalkspat vermengte Kieselsubstanz, die durch Ton und Eisenoxyd getrübt ist. Radiolarien sind ungemein reichlich vorhanden; sie sind mit Chalcedonsubstanz erfüllt und zeigen unter gekreuzten Nicols fast durchweg faserige Struktur, jedoch sind sie nicht mehr genau erkennbar. Vorwiegend treten runde Formen auf. Eigentümlich ist die Ausfüllung der Gänge durch Calcit, in einem breiten Sprung sind die einzelnen Calcitindividuen hakenförmig gebogen. Das Gestein ist anscheinend stark gepreßt.

Kieselkalke; gehören wohl vorwiegend der alpinen Kreide an. (20 Gerölle.)

Quarze.

Eine Gruppe typischer Fettquarze, z. T. mit angedeuteten Spaltflächen, mehr oder weniger körnig kristallin, vielfach mit allen Zeichen deutlicher Pressung; z. T. weißer sog. Milchquarz. Vereinzelt sind sie durchsetzt von Flasern von feinschuppigem Chlorit, die dafür sprechen, daß sie wohl alpinen Ursprungs sind. (60 Gerölle.)

Gruppe von Quarzen mit Kalkspat. Innige Verwachsung und Verflechtung mit Carbonat. Dieses braust mit verdünnter Salzsäure und dürfte deswegen Calcit sein. Mitunter ist dieser sehr grobflaserig. Die Quarze sind sicher alpin und stammen wohl aus der Masse der Hochgebirgskalke. Zu erinnern ist in diesem Zusammenhange an die Bündner Schiefer, z. B. der Via mala etc., sind reich an weißen Quarzen, die innig verwachsen sind mit mehr oder weniger grobspätigem Kalk. (30 Gerölle.)

Sehr dicht kristalliner Quarzit, feinkörnig, von weißer Farbe, anscheinend vollkommen rein. Sie ähneln gewissen feinen kristallinen Quarziten, wie man sie in gewissen, auf Triassedimente zurückgeführten kristallinen hochmetamorphen Schiefern der Alpen findet.

Gerölle von einem stark gepreßten Fettquarz mit unregelmäßig verteiltem Feldspat; einzelne Partien enthalten etwas chloritisierten Glimmer. Kleine schwärzliche Partien, die aber von Eisenhydroxyd stark durchsetzt sind, könnten als Turmalinbeimengung gedeutet werden.

Gerölle von einem stark gepreßten quarzitischen Gestein, das reichlich imprägniert ist mit Eisenoxyd in unregelmäßiger, z. T. die Breccienstruktur der Masse zum Ausdruck bringender Verteilung, anscheinend stark gepreßt. Alpiner Ursprung ist sehr wahrscheinlich.

Quarzgangbreccie, deren weitere Bestimmung nicht möglich ist.

Ziemlich reiner mittelkörniger Quarzit, anscheinend aus metamorphen Sedimenten stammend, vielleicht aus einer Quarzknauer von kristallinem Schiefer. Er enthält äußerst winzige, noch mit der Lupe erkennbare Körnchen Magneteisen.

Hornsteinartiger Quarzit mit winzigen bläulichgrünen Pünktchen. Äußerst selten. (2 Gerölle).

Eine Gruppe lauchgrüner Quarze. (5 Gerölle).

Mittelfeiner kristalliner Quarz, von einem schwach grünlichen Glimmer durchflammt; anscheinend stark gepreßt. Wohl alpinen Ursprungs aus der Gruppe der kristallinen Schiefergneise.

Verhältnismäßig grobkristalliner Quarzit mit grobschuppigem Muskovit auf den Ablösungsflächen; wenig gepreßt. Stammt wahrscheinlich aus einer Quarzknauer der kristallinen Schiefer.

Quarzitische grobkörnige Sandsteine, bestehend aus weißen, grauen, schwach oder deutlich roten wohlgerundeten Quarzen, einzelnen Glimmerplättchen und Hornsteinfragmenten, auf welche die von Früh S. 34 gegebene Beschreibung paßt. (6 Gerölle.)

Grauer quarzitischer Sandstein mit fast walnußgroßen Geröllen von weißem Quarz, auch kleine Geröllchen vom dunklem Hornstein. Ursprung zweifelhaft.

Verrucano und Sandsteine.

Verrucano, bestehend aus grauem Quarz und rotem Feldspat. Auffallend spärliches Bindemittel; einzelne Komponenten zeigen starke Pressung. Die Feldspäte sind teilweise stark getrübt und zeigen starke Albitbildung, z. T. sicher sekundär. Einesteils sind die Quarze stark gepreßt, andererseits sind sie der Pressung entgangen. Die Quarze sind z. T. regeneriert. Seltener findet sich Biotit, der in Chlorit und Titanit umgewandelt ist. Alpinen Ursprungs.

Roter Verrucano. In einer quarzitischen Grundmasse von kleineren Quarzkörnern sind größere Quarzfragmente eingelagert. Diese sind meist stark gepreßt und zeigen undulöse Auslöschung. Die einzelnen Komponenten sind von einem rotbraunen bis schwarzen Häutchen umkrustet. Die Feldspäte sind ziemlich verwittert und stark getrübt und der Muskovit ist völlig in Serizit umgewandelt.

Rötlichviolettes, verrucanoartiges Gestein.

Grobkörniger, breccienartiger Verrucano, zusammengesetzt aus unregelmäßigen bald kleinen, bald erbsengroßen Körnern von vorwaltend Quarz und rotem Feldspat. Ein größeres Feldspatfragment stammt von einem porphyrartigen Gestein. Zweifellos alpinen Ursprungs.

Roter Verrucano. Mehr oder weniger stark abgerundete Quarzbruchstücke sind durch Quarzmasse zu einem Quarzkonglomerat verkittet. Um die einzelnen Körner hat sich ein braunschwarzes Häutchen von Eisenhydroxyd gebildet. Deutlich ist an den einzelnen Körnern das Weiterwachsen der Quarze zu beobachten. Gelegentlich finden sich stark zersetzte Feldspate und einzelne Schüppchen von Muskovit.

Geröll, bestehend aus zweierlei Material: Sehr feinkörniger weißlichgrauer, etwas poröser quarzitischer Sandstein mit einem eigroßen (?) Einschluß von scharfkantigem, dunkelfarbigem Hornstein von der charakteristischen Ausbildung der Radiolarienhornsteine. Ähnliche Gesteine finden sich auch in der fluvioglazialen Nagelfluh.

Grauweißer Sandstein. Makroskopisch ist das Gestein eine Arkose, während sich im Dünnschliff Anklänge an kristalline Neubildungen finden. Die Bruchstücke sind ziemlich eckig- und nahezu fest aufeinandergedrückt. Das kittende Zement fehlt fast völlig, nur hie und da finden sich Andeutungen davon. Die Quarze sind korrodiert, teilweise von Sprüngen durchzogen, und zeigen meist undulöse Auslöschung. Sie zeigen z. T. Regenerationserscheinungen. Die Arkose ist reich an stark getrübten und verglimmerten Feldspäten. Der Biotit ist stark chloritisiert und mit Eisenerz durchsetzt. Reichlich vorhanden ist neugebildeter Serizit, außerdem einzelne Muskovitschüppchen. Seltener ist Kalkspat in größeren und kleineren Gebilden: er zeigt starke Zwillingslamellierung.

Dunkelgrauer mittelkörniger Sandstein, bestehend aus Quarz, Kalkspat und Muskovit. Die Quarze sind von wechselnder Größe, meist etwas gerundet. Die meisten sind einheitlich, andere zerfallen in Körneraggregate und zeigen undulöse Auslöschung, wieder andere sind Neubildungen. Der Calcit ist vorhanden in Form einheitlicher Individuen

mit starker Zwillingslamellierung; der andere Teil zeigt zelligfeinkörnige Struktur und gelegentlich finden sich pseudoolithische Gebilde. Verschiedene Schalenfragmente von Organismen. Stark verglimmerter Feldspat, Glaukonit und (?) Melnikowit. Das Bindemittel ist Calcit und Tonsubstanz.

Graugrüner feinkörniger Sandstein, vorwiegend aus Quarz und Calcit bestehend. Die Quarze sind z. T. sicher neugebildet. Die grüne Farbe des Gesteins wird bedingt durch spärlich beigemengten Glaukonit. Der Feldspat ist meist stark verglimmert. Etwas Glimmer und (?) Melnikowit. Das Gestein gehört zweifellos zu den marinen tertiären Sandsteinen vom Typ des Rorschacher Sandsteins. Ganz ähnlich ausgebildete glaukonitische Sandsteine mit kalkigem und kieseligem Bindemittel sowohl fein- wie grobkörnig finden sich ebenfalls gelegentlich. (15 Gerölle.)

Eine Gruppe von kleinen und größeren Geröllen von schwach verkieselten und mitunter kalkigen Sandsteinen, welche mit den knauerartigen Verhärtungen der unteren Süßwassermolasseschichten identisch sind. Kommen nicht gerade selten vor. (10 Gerölle.)

Kalke.

Hochkristalliner, marmorartiger Kalkstein mit hellen Flecken. Fast völlig reiner Calcit. Die Grundmasse zeigt wolkig-feinkörnige Gebilde, wechsellagernd mit größeren grobkristallinen Körnern und Aggregaten mit lamellarer Struktur. Das Gestein ist ganz durchzogen von einer Anzahl von feineren und größeren calcitischen Gängen mit mehr oder weniger stark ausgeprägter grobkristalliner Struktur. Als Beimengung finden sich kleine brauneisenartige Körner und fein verteiltes Schwefeleisen (Melnikowit), die noch häufiger in feinen Zügen als eine Art Pigment vorkommen. An Organismenresten finden sich einige kleinere Schalenfragmente und einige Durchschnitte durch Mikroorganismen, wohl von Foraminiferen. Die starken Pressungserscheinungen weisen auf einen Hochgebirgskalk hin.

Grauer, marmorartiger Kalk. Die Grundmasse ist ganz analog ausgebildet wie beim vorhergehenden, ebenso ist er ganz von Sprüngen durchsetzt. In der Grundmasse finden sich kleine neugebildete Quarze. Sie bilden mehr oder weniger stark ausgeprägte Pseudomorphosen nach Rhomboedern; selbst bei den unregelmäßigsten Gebilden sieht man bei stärkster Vergrößerung am Rande deutlich eine zackige rhomboedrische Begrenzung. Im Innern enthalten sie zahlreiche winzige Einschlüsse von Tonsubstanz, Schwefelkies und Calcit. Sie zeigen vollständige einheitliche Struktur. Organismenreste sind keine vorhanden. Anscheinend stark gepreßter Kreidekalk, wie ein Vergleich mit den alpinen Kreidekalken, z. B. des Säntis, zeigt.

Stark abgerollte Gerölle von tertiärem pisolithischem Kalk (4 St.)

Verhältnismäßig reich vertreten sind eigentliche Kalksteine unter den Geröllen, sie umfassen nahezu ein Viertel sämtlicher Gerölle. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Kalkgerölle der alpinen tertiären und diluvialen Aufschüttungen sich oftmals schwer identifizieren lassen, wie dies alpine Geologen: Heim, Gutzwiller u. a. selbst ausgesprochen haben.

Sehr wahrscheinlich gehören die dunkel-schwärzlichen bituminösen Kalke, meist mit Kalkspat durchzogen, zu den Kreidekalken. An gewisse Triaskalke erinnern lichtgraue dichtkristalline Kalksteine, die von zahlreichen grobspätigen Calcitadern durchzogen sind. Auffällig ist bei der Lage des Geröllhorizontes das Fehlen von typischen „Albgeröllen". Gerölle vom Typus Zuckerhorn und Marmorkalk Quenstedt's fehlen vollständig. Ein Teil hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den tonigen Kalken aus der Gruppe der ζ-Kalke (Zementkalke), aber es muß berücksichtigt werden, daß die typischen ε-Kalke fehlen. Die Geschiebe zeigen meist starke Abrollung; mitunter besitzen sie eine geborstene Oberfläche und sind im Innern von Rissen durchzogen. Einige Kalkgerölle sind mehr oder weniger stark von Bohrmuscheln angebohrt. Die Bohrlöcher durchziehen das Gestein in allen Richtungen und sind durchweg mit sandigem Material erfüllt, manchmal sind noch Schalenreste der Bohrtiere enthalten.

Im ganzen sammelte ich 451 Gerölle, und zwar:

Gneise	28
Granit und Granitporphyr	62
Kristalline Schiefer	5
Hornstein und Kieselkalk	108
Quarze	110
Verrucano und Sandstein	33
Kalke	107

Auffällig ist die große Zahl der Granite und Granitporphyre, während die kristallinen Schiefer sehr stark zurücktreten. Die relative Häufigkeit der Quarze, Hornsteine und Kieselkalke erklärt sich wohl am besten durch ihre große Härte und Widerstandsfähigkeit.

In liebenswürdigster Weise wurde mir von der Verwaltung der Probst'schen Sammlung das von Schalch bei Stetten, Lohn und Büttenhardt einerseits und bei Benken andererseits gesammelte Geschiebematerial aus der marinen Molasse, welches von ihm bereits teilweise verarbeitet worden ist, zur Untersuchung zur Verfügung gestellt, und ich gebe im folgenden eine Diagnose dieser Gerölle zum Vergleich mit dem Baltringer Vorkommen. Gleichzeitig verweise ich noch auf die für die Vergleichung wichtigen Arbeiten von Früh: „Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluhe der Schweiz", und Schmiedle: „Über Gerölle in der marinen Molasse bei Überlingen".

4. Gerölle aus den marinen Sanden von Benken (Kanton Zürich).

Die Geschiebe sind gut gerundet, faust- bis kopfgroß und liegen immer ganz lose im Sande, ohne durch ein festeres Bindemittel zu

einem eigentlichen Konglomerate miteinander verkittet zu sein. Sie sind meist sehr stark angewittert, besonders aber die kristallinen Gesteine.

Gneis.

Glimmerarmer, gepreßter Eruptivgneis mit Hinneigung zu pegmatitischer Struktur. Anscheinend reiner Biotitgneis. Orthitführend? Ähnelt gewissen Schwarzwaldtypen von Wildschapbach; auch in der Erstfelder Gneiszone finden sich entsprechende Typen.

Gepreßter Granitgneis. Der Struktur nach anscheinend Biotitgneis, stark zersetzt.

Stark gepreßter, grobflaseriger Granitgneis; Glimmer vollständig chloritisiert. Der Feldspat ist kaolinisiert. Das Gestein scheint stark dynamisch beeinflußt zu sein. Wahrscheinlich alpin, könnte aber auch den Granitgneisen des südlichen Schwarzwalds angehören. Auffallend ist das Fehlen der typischen Gneise des Schwarzwaldes.

Granit und Granitporphyr.

Roter, mittelkörniger Granit. Es ist ein Biotitgranit, der helle Glimmer fehlt vollständig. Die Quarze sind stark gepreßt, teilweise von Sprüngen durchsetzt, zeigen undulöse Auslöschung und sind gegenseitig verzahnt. Die Feldspäte sind stark getrübt und epidotisiert; sie sind stark verwittert und z. T. in Eisenerz umgewandelt. Der allgemeine Habitus spricht mehr für den Schwarzwald (z. B. Gegend von Furtwangen), während die Ausbildung der Quarze auf alpinen Ursprung hinweist.

Grobkörniger roter Granit. Die Quarze sind stark in sich zertrümmert durch lokale Pressung und zeigen undulöse Auslöschung. Die Feldspäte sind ebenfalls von Sprüngen durchsetzt, die teilweise mit Quarzsubstanz erfüllt sind. Der Orthoklas ist sehr stark getrübt. Der seltener auftretende Biotit ist stark chloritisiert und teilweise mit Eisenerz imprägniert. (Das Gestein entspricht äußerlich einem Bavenoer Granit.)

Mittelkörniger weißer Granit, bestehend vorwiegend aus weißem Orthoklas, wenig weißem Plagioklas und Quarz. Das Gestein zeigt schwache Pressungserscheinungen. Der Quarz ist von Sprüngen durchzogen und zeigt undulöse Auslöschung. Auch die Feldspäte weisen Pressungserscheinungen auf und zeigen Neubildung von Muskovit.

Verhältnismäßig häufig vertreten ist ein ausgesprochener Muskovitgranit; wohl vom Schwarzwald stammend.

Normaler, ungepreßter Granit; sehr stark verwittert. Stammt möglicherweise aus dem Schwarzwald; ähnliche Granite finden sich auch im Disgrazia- und Juliergebiet.

Feinkörniger Amphibolgranit, wahrscheinlich alpin.

Grünlicher Granit. Stark verwittert. Juliergranit?

Normaler, ungepreßter Hauptgranit. Schwarzwald.

Mittel- bis feinkörniger, nicht drusiger Granit. Plagioklase mit schwach grünlicher Verwitterungsfarbe. Diese grünliche Verfärbung weist

nicht unbedingt auf Juliergranit hin; solche Färbungen finden sich auch im Schwarzwald.

Mittelkörniger Granitit (Biotitgranit) mit geringem Glimmergehalt. Erinnert an gewisse Schlierengranite mit schwach drusiger Ausbildung und fleckenförmiger Ausbildung des Biotits aus dem Schwarzwalde.

Zweiglimmergranit, mittelkörnig, anscheinend zur Gruppe der Schlieren- und Ganggranite gehörig. Wohl vom Schwarzwald stammend.

Biotitreicher Granitit, durch und durch kaolinisiert. Gewissen Typen des südlichen Schwarzwaldes gleichend.

Mittelkörniger Biotitgranit, nicht gepreßt. Schwarzwald.

Stark kaolinisierter Mikrogranit aus der Gruppe der Granophyre mit zahlreichen dihexaedrischen Quarzen und etwas zurücktretenden Feldspat- und Biotitkristallen. Der Granitporphyr besitzt eine feinkörnige, grünlich verwitternde Grundmasse und ist schwach gepreßt. Er zeigt Ähnlichkeit mit gewissen Granophyren aus dem Gebiet des Münstertales.

Granophyre mit grünlichgrauer Grundmasse, reich an Einsprenglingen von Quarz und Feldspat. Schwarzwaldtypus.

Kristallreicher Quarzporphyr mit zurücktretender Grundmasse, vorherrschend Quarz, Feldspat und Biotit. Typus ähnlich wie der vorhergehende.

Graugrüner starkzersetzter Quarzphorphyr. Die Grundmasse zeigt Trümmerstruktur. Die größeren Einschlüsse von Quarz zeigen Korrosionserscheinungen, sind mit Sprüngen durchsetzt, und enthalten glasige Einschlüsse sowohl im Innern als auch in Form von schlauchartigen Einbuchtungen. Sie zeigen schwache undulöse Auslöschung. Plagioklas und Orthoklas sind stark getrübt und verglimmert. Der Biotit ist stellenweise stark gebogen und zeigt die lavendelblaue Verwitterungsfarbe. Entspricht den Granitporphyren vom Schauinsland und Münstertal; ähnliches Gestein kommt auch in den Alpen in der Luganoer Gegend vor.

Roter Granophyr mit grobkristalliner Grundmasse und großen Einsprenglingen von Plagioklas, Orthoklas und Quarz. Die Quarze sind magmatisch korrodiert, von Spalten durchzogen und weisen Einschlüsse von Glasmasse auf, mitunter in gelappten Formen. Auch die Feldspäte sind korrodiert; sie zeigen Trübung und Verglimmerung. Manche Feldspäte zeigen die Tendenz zur kleinstengeligen Ausbildung und bilden teilweise radialstrahlige kugelige Gebilde.

Das staubförmige rote Pigment bildet mit unter größere Klumpen; außerdem zahlreiche Erzkörnchen. Anscheinend ebenfalls vom Schwarzwald stammend.

Glimmerschieferartiger, stark deformierter Protogyn von graugrüner Farbe. Das Gestein ist stark schieferig und von ziemlich grobkörnigen sekundären Quarzlagen durchsetzt. Entlang der Schieferungsfläche ist der Glimmer lagenartig gehäuft. Die Grundmasse ist ein grob- und feinkörniges Mosaik von Quarzkörnchen, die zahnartig miteinander verbunden sind. Die größeren Quarzindividuen sind stark deformiert, z. T. von Sprüngen durchzogen. Zumeist zeigen sie die Tendenz, in ein Aggregat einzelner Elemente zu zerfallen, und zeigen

starke undulöse Auslöschung. Die Feldspäte sind ebenfalls stark getrübt, z. T. epidotisiert, und zeigen mitunter Regenerationserscheinungen. Am Rande sind sie zahnartig mit der Grundmasse verbunden. Reichlich vorhanden ist Sericit, der zuweilen lagenartig gehäuft ist. Der Glimmer ist stark chloritisiert. Eisenerz. Sicher alpinen Ursprungs.

In einer brieflichen Mitteilung an Probst bemerkt Schalch, daß er noch einige weitere Gerölle von typischem Schwarzwälder Granitporphyr bei Benken gefunden habe[1].

Spilit, sicher alpinen Ursprungs; schieferig-fleckig. Die hellen Partien sind etwas gröber kristallin. Anscheinend ein Gemenge von Albit und Quarz, dazu tritt in geringer Verteilung Epidot, Chlorit. Im Uebrigen ist das Gestein so dicht, daß es sich einer genaueren Bestimmung der Gemengteile entzieht.

Feinkörniger grüner Diabas mit divergentstrahliger Struktur der Pyroxene, welche die grauviolette Farbe der Diabase bezw. basaltischen Augite zeigen. Dazwischen größere und kleinere fleckenweise Anreicherung von chloritischer Substanz, deren Ursprung nicht mehr gedeutet werden kann. Opake Erze fehlen vollständig, sie sind anscheinend in eine trübe, undurchsichtige körnige Masse umgewandelt, vielleicht Leukoxen oder Titanomorphit.

Graugrüner, hellgefleckter Feldspatamphibolit. Er besteht im wesentlichen aus grüner Hornblende und vorherrschend weißem Plagioklas. Die Struktur der Hornblende ist faserig-stengelig. Der Quarz ist spärlich meist in Form von kleineren Individuen vorhanden, welche in kleinen Partikeln die Hornblende siebartig durchbrechen. Eisenerz ist ziemlich häufig sowohl als kleine Körnchen als auch als größere Kristalle vorhanden. Die Struktur ist richtungslos-körnig. Mikroskopisch gleicht er gewissen Dioriten, aber ohne ausgeprägte Eruptivstruktur. Kann alpinen Ursprungs sein, kann aber auch ebensogut vom Schwarzwald stammen.

Graugrüner Amphibolschiefer, reich an Orthoklas und Quarz. Wenig Plagioklas, und dieser meist stark verglimmert. Die weitaus vorwiegende Hornblende wird ebenfalls von einzelnen Partikelchen von Quarz durchbrochen. Der Feldspat bezw. Plagioklas und Quarz sind z. T. lagenförmig gehäuft. Reichlich zeigt sich Eisenerz meist in Form größerer Elemente, welches lagenartig den Schliff durchzieht. Wäre mit Amphibolit im engeren Sinn zu vergleichen und ist wenig epidotführend. Die Zurechnung ist unsicher, ob vom Schwarwald stammend oder alpin.

Feinkörniger Feldspatamphibolit mit dunkelgraugrüner Farbe entspricht sehr gewissen Schwarzwaldtypen, könnte aber auch alpin sein.

[1] Schalch bemerkt S. 70: Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese bei Benken häufig vorkommenden Granite und Porphyre dem südlichen Schwarzwald entstammen. So ist unter ihnen der typische, mit keinem anderen Gestein zu verwechselnde rote Granit von Menzenschwand bei St. Blasien, sowie derjenige von Schluchsee reichlich vertreten, und die Porphyre sind zum großen Teil absolut ununterscheidbar von solchen, wie sie im Alb- und Schlüchtal vielfach im Gneis aufsetzen.

Schwach körniger Serizitschiefer besteht vorwiegend aus einzelnen größeren, teilweise stark korrodierten Quarzindividuen. Das Zement bildet feinkörniger Quarz, der reichlich mit Serizit durchsetzt ist. Die Quarze zeigen z. T. starke undulöse Auslöschung und zerfallen in einzelne Aggregate. Regenerierte Quarze. Selten finden sich einzelne korrodierte Feldspäte, die starke Trübung und Verglimmerung aufweisen. Das Gestein ist sehr stark gepreßt, und wohl alpinen Ursprungs.

Graugrüner, glimmerführender Quarzitschiefer. Das Gestein ist stark gepreßt. Der Quarz zerfällt in einzelne zahnförmig miteinander verbundenen Elemente, ist z. T. von Sprüngen durchsetzt, und zeigt undulöse Auslöschung. Beigemengt sind zahlreiche Schüppchen von Serizit. Der Biotit ist stark getrübt und enthält Mikrolithen von Rutil und Brookit. Die wenigen Feldspäte sind stark verglimmert. Opakes Erz. Zweifellos aus den Alpen stammend.

Stengeliger, stark gepreßter Quarzitschiefer, dicht, mit etwas beigemengtem Feldspat und von zahlreichen Quarztrümmern durchsetzt. Sehr viel wahrscheinlicher alpin als vom Schwarzwald stammend.

Weißlichgrüner, feinkörniger bis fast dichter Quarzit mit fast hornsteinartigem Habitus; ziemlich rein von anderen Beimengungen, namentlich von Glimmer. Ähnlicher Quarzittypus im Schwarzwald unbekannt.

Stark quarzitischer roter Sandstein; nicht gepreßt. Verrucano. Noch ein zweites Stück ähnlich wie dieses mit schwach-milchig-weißen Quarzgeröllen, mehr konglomeratartig.

Quarzite finden sich hier in Benken in sehr großer Zahl, sie sind ziemlich vorherrschend gegenüber den übrigen Komponenten. Leider wurden sie in der mir zur Verfügung stehenden Aufsammlung ebenso wie die Sedimentärgerölle: Kalke, Hornsteine und Sandsteine, weniger in Betracht gezogen, und so sind meine diesbezüglichen Angaben wohl sehr lückenhaft.

Eine Gruppe verschiedenfarbiger Radiolarienhornsteine.

Dunkler, stark umgewandelter Hornstein von sehr feinkörniger Struktur, die mitunter beinahe brecciös ausgebildet ist. Das Gestein ist ganz erfüllt von Radiolarien. In der kieseligen Grundmasse ist reichlich Calcit eingelagert, außerdem einige Quarzfragmente. Der ganze Schliff ist bestäubt mit einem schwarzen und braunen Pigment.

Graugrüner Kalk. Das Gestein ist ein extrem kalkreicher Hornstein. Die Grundmasse bildet ein Gemenge von ziemlich grobkristallin ausgebildetem Calcit und sehr feinkörnigem Quarz. Der Calcit zeigt starke Pressungserscheinungen und starke Zwillingslamellierung. Einzelne neugebildete Quarze. Etwas Schwefeleisen und Spuren einer brauneisenartigen Substanz.

(46) Cretaceischer Kieselkalk. Ein schwarzer, hornsteinartiger Kalk von ziemlich feinkörniger Struktur. Die Grundmasse ist ein ziemlich feinkörniger, zelliger Calcit mit vereinzelten größeren Gebilden, die dann starke lamellare Streifung zeigen. Der ganze Kalk ist erfüllt von rundlichen Gebilden, die wohl von Organismen herstammen;

sie sind vollständig umkristalliert und schwer erkennbar. Ganz verteilt in der Grundmasse treten einzelne allotriomorphe Quarze von körnig-kristalliner Struktur auf. In feinster Verteilung braune tonige Substanz und Schwefeleisen. Stammt vielleicht vom Pilatus. Von diesen dunklen cretaceischen Kieselkalken finden sich noch einzelne verschiedene Stücke.

Grauer oolithischer Kalk. Echinodermenbreccie. Eine feinkörnige hochkristalline Grundmasse ist ganz erfüllt mit oolithischen und brecciösen Gebilden von verschiedener Größe. Die Oolithe zeigen eine große Mannigfaltigkeit der Ausbildung; nur vereinzelt finden sich einige sog. Pseudoolithe. Schalenfragmente von Organismen; zumeist Reste von Echinodermen. Etwas Schwefeleisen. Wohl dem alpinen Jura zugehörig.

Flaserig dichter, grauer, hellaschgrau verwitternder Kalk, mit dem Seewerkalk der alpinen Kreide übereinstimmend.

Eine Gruppe von Sandkalken und Sandsteinen, die zu den Flyschgebilden zu rechnen sind.

Einige Gerölle von knauerartigen Verhärtungen aus der unteren Süßwassermolasse.

5. Geschiebe aus den marinen Sanden von Lohn, Stetten und Büttenhard.

Schalch gibt in der Arbeit: „Über einige Tertiärbildungen der Umgebung von Schaffhausen“ eine Zusammenstellung der hier gefundenen Geschiebe. Zu Vergleichszwecken ließ ich von einigen derselben Dünnschliffe anfertigen, und ich gebe hier eine genauere Diagnose, wie sie sich durch das mikroskopische Bild ergibt.

„Feinkörniger, granitischer Chloritgneis mit vorherrschendem weißem Orthoklas, Plagioklas und Quarz und wenig zahlreich beigemengten Choritschüppchen sowie vereinzelten Blättchen von Muskovit. Körnchen von Granat, Apatit? und Rutil.“ Die Feldspäte sind vorwiegend Orthoklas und Plagioklas, sie sind stark verwittert, grau bestäubt und mehr oder weniger stark epidotisiert. Der Quarz ist rein und zeigt undulöse Auslöschung. Muskovit ist reichlich vorhanden, während der Biotit ganz zurücktritt. Titaneisen. Scheint dem Eurit nahe zu stehen (Limmerntal im Linthtal, Val Gliems in Graubünden etc. Heim). Ähnliche in der Tertiärnagelfluh nicht selten, ob identisch? (Gutzwiller und Heim.)

„Glimmerarmer Granit. Kleinkörniges Gemenge von weißem Orthoklas, wenig weißem Plagioklas, Quarz (stark vorwaltend), einzelne zerstreuten Schüppchen resp. Aggregate kleiner Schüppchen von weißem Glimmer.“ Der Quarz ist stark in sich zertrümmert und zeigt undulöse Auslöschung. Ebenso zeigen auch die Feldspäte Pressungserscheinungen. In denselben, speziell im Orthoklas, starke Neubildung von Muskovit., Der Biotit ist stark gebleicht und zeigt die typischen lavendelblauen Farben. Die Struktur des Gesteins ist mikropegmatitisch. Geringe

Zeichen von Pressung sind vorhanden. „Nach Heim weißer Granit wie er im Finsterahornmassiv (Obersandalpkessel, Maderauer-, Etzli- und Fellital, Berner Oberland) nicht selten ist. Vom Gotthardmassiv unbekannt.“ Der Granit kann aber auch vom Schwarzwald stammen.

„Undeutlich schieferiger, feinkörniger Amphibolit resp. Dioritgneis. Gemengteile: weißer, öfters gelblich verwitterter Feldspat, wohl vorherrschend Plagioklas, soweit die fortgeschrittene Zersetzung noch erkennen läßt; Quarz (untergeordnet), Hornblende, Epidot, letztere wohl als Umwandlungsprodukte der Hornblende; Muskovit, Chlorit, Rutil.“ Das Gestein ist am Rande sehr stark chloritisiert und serpentinisiert und zeigt auch im Dünnschliff sehr starke Zersetzungserscheinungen. Vielfach sind die primären Mineralien umgewandelt. Plagioklas ist stark zersetzt und verglimmert, wobei der Albit weniger zersetzt erscheint als der Oligoklas. Der Quarz ist in Form kleiner, unregelmäßig begrenzter Körner vorhanden, die undulöse Auslöschung zeigen. Die Hornblende ist meist stark chloritisiert. Das Titaneisen ist durch Zuführung von $CaCO_3$ in Leukoxen umgewandelt. „Ähnliche Gesteine in der miocänen Nagelfluh hin und wieder (Heim und Gutzwiller), anstehend aber auch in manchem Teil von Uri, Graubünden und im Linthgebiet (Heim).“

„Dunkelrauchgrauer, sehr feinkörniger Quarzit mit zahlreichen bis 2 mm großen Körnchen von zersetztem Granat.“ Die Grundmasse bildet ein Mosaik von einzelnen kleineren und größeren Individuen, die größtenteils zahnförmig miteinander verbunden sind. Die größeren Individuen zeigen einen Zerfall in kleinere Elemente und besitzen undulöse Auslöschung. Der ganze Schliff ist übersät von einem Pigment von schwarzem Eisenerz, das mitunter zu kleinen Klümpchen zusammengeballt ist. An Spalten und an den äußeren Rändern der einzelnen Quarzindividuen häuft er sich an. Ganz besonders in die Augen fallend sind die Granate. Sie zeigen eine eigentümliche Maschenstruktur und sind siebartig durchbrochen von einzelnen Quarzpartikeln von verschiedener Größe. Der Granat ist farblos bis hellrot und ist entschieden doppelbrechend. Die Umgrenzung ist nicht ganz regelmäßig, doch zeigt sich die Tendenz zur Bildung des rhombendodekaedrischen Typs. Auch die Granate sind ganz durchsetzt mit Eisenerz. Auf einzelnen Sprüngen des Quarzits zeigt sich eine braunrote Substanz; einzelne Quarzindividuen sind ebenfalls von einer solchen Substanz umkrustet, und anderseits treten stets im Zusammenhang mit Eisenerz braune isotrope Flecken auf. Eine syngenetische Bildung ist entschieden die Granatsubstanz, die im Wachstum gehemmte Kristalle bildet. „Anstehend unbekannt. Ob in der Nagelfluh, unsicher.“ (Heim.) (8) S. Taf. XI. Fig. 3.

„Dunkelgrauer Quarz mit splittrigem Bruch“. Im Dünnschliff erweist er sich als reiner Quarzit mit deutlich klastischer Struktur. Es ist ein feinkörniges Quarzmosaik mit größeren Individuen, die z. T. undulöse Auslöschung zeigen. Manche zerfallen noch in einzelne Elemente. An den größeren Individuen ist deutlich ein Weiterwachsen zu beobachten. Einschlüsse von Mikrolithen. Nur vereinzelt finden sich einzelne Schüppchen und Aggregate von serizitischem Glimmer.

Der Schliff zeigt eine schwache Pigmentierung durch eine schwärzliche Substanz. „Jedenfalls anstehend in den näheren Alpen nicht bekannt." (Heim.) „In der ostschweizerischen Nagelfluh fraglich; helle Quarze sind häufig, möglich, daß die dunklen auch vorkommen. (Gutzwiller".)

„Verrucanoartiger Quarzit." „Die licht-ölgrün, seltener rötlich gefärbten Körner von Quarz sind durch ein ebenfalls quarziges Zement fest miteinander verbunden, und daher auf dem frischen Bruch nur undeutlich hervortretend. Glimmer in fast mikroskopisch kleinen, sehr fein zerteilten Schüppchen. Auch Feldspat in geringer Menge vorhanden." Mikroskopisch zeigt das Gestein deutlich klastische Struktur mit kristalliner Grundmasse, es ist eine Art von Serizitquarzit. Die Quarze zeigen ganz analoge Ausbildung wie in (8). Das ganze Gestein ist durchsetzt von feinen Schüppchen von Sericit, der mitunter lagenförmig gehäuft ist. „Typisch für die oberen Lagen des Verrucano (Ilanz, Lugnetz, Obersaxen, auch lokal im Linth- und Walenseegebiet); erratisch häufig." (Heim.) „In der Nagelfluh nicht mit Bestimmtheit nachweisbar." (Gutzwiller.)

Bei der Vergleichung des Materials ist ohne Belang, daß die Geröllvorkommen nicht stratigraphisch genau demselben Horizonte angehören; da das Sandmaterial der miocänen marinen Molasse ganz einheitlichen Charakter zeigt, so ist dies auch für die Geschiebe im allgemeinen anzunehmen.

Im Verhältnis zu dem gewaltigen Geschiebematerial, das während der Glazialperiode in unseren Gegenden abgelagert wurde, sind die Geröllevorkommen in der Molasse ungemein spärlich. Und doch sind sie von hervorragender Bedeutung, weil sie gewisse Schlüsse über die während der Miocänzeit freigelegten Massive zulassen. Lehrreich ist in dieser Hinsicht vor allem eben ein Vergleich mit den Geschieben des Glazials.

Die zur Gruppe der Amphibolgesteine gehörigen Stücke meiner Aufsammlung, 4 an der Zahl, sind solche Stücke, deren Ursprung auch in die Schweiz verlegt werden kann. Zweifellos jedoch fehlen in den tertiären Geröllablagerungen die charakteristischen Diorite, Dioritschiefer und gabbroähnlichen Gesteine, z. T. reich an Epidot, wie sie in den glazialen Aufschüttungen und im Diluvium so überaus häufig sind, und die sich durch erstaunliche Mannigfaltigkeit in der Struktur und Korngröße auszeichnen.

Das gleiche ist auch von den Serpentinen und serpentinartigen Gesteinen zu sagen. Im Tertiär sind sie ungemein selten, während sie sich im Glazial ungemein häufig finden. Sie zeichnen sich in diesen Ablagerungen durch die großen porphyrischen Diallage aus, die jedenfalls auf die bekannten mächtigen Serpentinstöcke von Graubünden zurückzuführen sind.

Was das Vorkommen von Gneisen in tertiären Geröllablagerungen anbelangt, so sind sie nicht gerade zahlreich vertreten. In meiner Aufsammlung findet sich kein Augengneis, Schmiedle erwähnt ein Stück und auch Früh nur einige wenige. Ferner kann zusammenfassend bemerkt werden, daß die Gneise im allgemeinen glimmreich sind, und daß Muskovitgneise ebenso häufig wie Zweiglimmergneise vorkommen. Die Gneise vom Typus der Erstfelder Eruptivgneise, wie sie beispielsweise unter den Glazialgeröllen nicht allzuselten sind, fehlen vollständig. Im großen ganzen ergibt sich für die von Gneisen vertretenen Gesteine des Glazialschuttes einerseits und des Tertiärs andererseits, daß sie möglichst wenig Übereinstimmung zeigen.

Reichlich vertreten ist im Tertiär die Gruppe der Granite und Granitporphyre. Ausdrücklich zu betonen ist, daß die typischen grobkörnigen Granite, die im Glazial häufig sind, im Tertiär fehlen. Was den weißen Granit betrifft, so besteht eine zweifellose Übereinstimmung zwischen den Protogynen, die stellenweise in den glazialen Aufschüttungen häufig sind; ein Stück meiner Sammlung stimmt mit einem solchen überraschend überein. Dagegen fehlen die auch im Glazial sehr häufigen Protogyne, die von Albit- und Epidotschnüren durchsetzt sind. Wie schon hervorgehoben, fehlen die charakteristischen Alpengranite; der typische Protogyn ist unter den zahlreichen Granitgeschieben, die meine Sammlung aufweist, nicht vertreten[1].

Eine besonders charakteristische Gruppe der kristallinen Geschiebe im Tertiär bilden die roten Granite, die bekanntlich im Glazial fehlen.

Im Tertiär wiederum fehlen die entsprechenden Sericitschiefer und Serizitquarzite, die man in den glazialen Aufschüttungen ebenfalls häufig findet. Auch die verrucanoartigen Gesteine, die im Glazial in so großer Zahl und erstaunlicher Mannigfaltigkeit vorkommen, treten im Tertiär wiederum stark zurück. Letztere sowie vor allem die Hornsteine, Kalke und Kalksandsteine sind für die Decken, die durch die Faltungsprozesse überschoben sind, charakteristisch und bieten kein besonderes Interesse für vergleichende Studien.

Bei den vorliegenden Vergleichungen handelt es sich in bezug auf das glaziale Material um Geschiebe des Rheintalgletschers. Da

[1] Früh erwähnt (S. 45 Nr. 2) das Vorkommen eines Granits, der einem grobkörnigen Juliergranit entspricht, ebenso finden sich unter meinem Material einige typische Juliergranite.

die für diesen typischen und häufigsten kristallinen Felsenarten im Tertiär fehlen, und überhaupt die heute am massenhaftesten in den Alpen entblößten Gesteine fehlen, so ist daraus zu schließen, daß während der Miocänzeit wohl die meisten der jetzt entblößten Kerne noch von Deckenmaterial überlagert waren. Andererseits weist jedoch das Vorkommen von kristallinen Geschieben von alpinem Habitus in den marinen Schichten darauf hin, daß bereits im Miocän ein Teil der Massive von den Deckenschichten freigelegt war.

Wenn daher Schmiedle zu dem Schlusse kommt, daß ein „tertiärer Rhein" die von ihm beschriebenen Gerölle in der marinen Molasse bei Überlingen angeschwemmt haben könnte, so ergeben die obigen Beobachtungen zweifellos, daß dieser tertiäre Fluß auf keinen Fall als „Rhein" aufgefaßt werden kann. Am aufallendsten ist jedoch das Vorkommen der roten Granite und Granitporphyre in den miocänen Geröllablagerungen. Sie fehlen in Glazial- und Diluvialablagerungen völlig, und auch aus den Alpen sind sie nirgends als anstehendes Gebirge bekannt. Sie zeigen entschieden Verwandtschaft mit den roten Graniten und Granitporphyren des Schwarzwaldes, ja teilweise lassen sie sich direkt mit heute im Schwarzwald anstehenden Gesteinen identifizieren. So bemerkt bereits Quenstedt bei Erwähnung von Geröllen in dem Baltringer Muschelsandstein: „Besonders interessant sind unter vielen anderen Urgebirgsarten die „fleischroten Granite" mit dunklem Magnesiaglimmer, die an Heiterkeit der Farbe den nordischen Graniten nicht nachstehen. Aus den Alpen können sie nicht stammen, viel eher aus dem Schwarzwald (woher sie vielleicht durch das Donautal herabkamen)".

Bei allen Untersuchungen über miocäne Nagelfluhe und Geröllagerungen am Rande der Alpen und im Vorland derselben wurde stets das Vorkommen von roten Graniten und Porphyren beobachtet.

Dieses Vorkommen führte Studer in seiner „Monographie der Molasse" 1825 zur Ableitung dieser Gesteine aus dem Schwarzwald. Später kam er hievon ab, und stellte in seiner „Geologie der Schweiz" (II. Bd. S. 373) die Hypothese auf, wonach in der vormiocänen Zeit längs des Nordrandes unserer Schweizer Alpen granitische Vorberge existiert haben sollten, welche durch gewaltige Brandung denudiert wurden und aus deren Detritus sich die kristallinischen Silikatgesteine mit rotem Feldspat ableiten würden. Gümbel bezeichnete später hin dieses mutmaßlich versunkene Alpenrandgebirge als identisch mit dem sog. „Vindelizischen Gebirge", welches zur Triaszeit in der

schwäbisch-bayerischen Hochebene als Hochgebirgskette aufragte, und alpine und germanische Trias trennte.

Heer hat die teilweise Übereinstimmung der Nagelfluhgerölle mit den Gesteinen des Schwarzwaldes dadurch zu erklären versucht, daß er einen Ausläufer des Schwarzwaldgebirges sich bis zum Napf erstrecken ließ.

Gutzwiller dagegen vermutete, daß eine genaue Vergleichung der kristallinischen Gesteine des östlichen Teiles der Schweizer Alpen sowie der Ostalpen mit den kristallinen Gesteinen der Nagelfluh auf südöstliche und östliche Herkunft der Nagelfluh hinweisen würden.

Früh's Studien veranlassen ihn nicht zur Annahme der Studer-schen Hypothese eines versunkenen Alpengrundgebirges. „Die Sedimentärgesteine drängen mich zur innersten Überzeugung, es müssen die kristallinen Felsarten ebenfalls im Innern der Alpen gesucht werden.“ Und auf Grund der Untersuchung der wichtigsten in der Nagelfluh vorkommenden Gesteine kommt er zu dem Schluß, daß für einen Teil derselben identische und für scheinbar exotische zum mindesten sehr ähnliche in dem südöstlichen Alpengebiete anstehende Gesteine gefunden werden. Bedenken gegen die alpine Abstammung der Nagefluh verursachten ihm nur die auffälligen roten Granite, indessen teilte Teller-Wien Früh mit, daß im Granitgebirge von Brixen wiederholt Gesteinsabänderungen beobachtet wurden, welche den ihm von Früh eingesandten roten Graniten und Granitporphyren entsprechen könnten.

Ferner weist Früh auf gewisse Brecciengranite mit rötlichem Feldspat hin und betont nachdrücklich, daß in vielen Fällen die rote Färbung der Nagelfluhgranite nicht primär war, sondern durch Verfärbung entstanden ist. Weiterhin nimmt er an, daß die Wasserscheide der Alpen in der vormiocänen Zeit und vor erfolgter Hauptfaltung weiter nach Süden vorgeschoben war als heute, daß ein aus Graniten, Granitporphyren und Porphyren zusammengesetzte Landmasse von Westtirol über das südöstliche Bünden, die Lombardischen Alpen, Lugano, Arcona bei Biella bestanden hätte, und daß die roten Granite und Porphyre mit anderen massigen Gesteinen größtenteils von diesem Eruptivgebiete Westtirol, Engadin, Veltlin bis Lago Maggiore abstammen dürften.

Gegen Früh's Auffassung erhob sich bald lebhafter Widerspruch vor allem gegen die Anwendung derselben auf die übrigen miocänen Nagelfluhbildungen. Verschiedene lokale Studien an solchen erwiesen die zumeist ganz lokale Ausbildung der Nagelfluh, und im weiteren

wurde die Studer'sche Hypothese von den verschwundenen Randgebirgen wieder in die Diskussion gezogen.

So betont Frey, daß die Gerölle der bunten Nagelfluh der Gunterschlucht am Thuner See nicht mit den Gesteinen der Berner Alpen übereinstimmen, und daß nur wenige kristallinische Gesteine vom Gunten Affinität mit ostschweizerischen Geröllen aufweisen.

Vor allem forderte das Vorkommen der exotischen Granite in dem Flysch (Typus Habkern) zum Vergleich mit den roten identischen Graniten der Nagelfluh, welche speziell charakteristisch für die bunte miocäne Nagelfluh sind, heraus.

Steinmann leitet daher die subalpine Nagelfluh von den fertigen Decken der Klippen her. Gegen ihn wendet sich A. Heim mit der Annahme: „Es soll nicht behauptet werden, daß die Herkunft eines Teiles der Nagelfluhgerölle aus den noch jugendlichen höheren (lepontinischen und ostalpinen) Decken ausgeschlossen sei; aber eine Ableitung der Gerölle aus den fast oder ganz fertigen Decken ist entschieden unrichtig. Vielleicht wird man einmal finden, daß die exotischen Blöcke im Flysch mit den entsprechenden Nagelfluhgeröllen den gleichen Ursprung haben."

Paul Beck leitet die exotischen Granite von einer heute der Erosion verfallenen eocänen und präeocänen Decke her, „der Habkerndecke". „Wir müssen annehmen, daß andere zur Eocänzeit noch nicht abgetragenen Teile der Decke auch noch die zahlreichen Quarzite und die vielen kristallinen Gesteine unbekannter Herkunft, die man in der Nagelfluh findet, enthielten."

Schmiedle, der dieses Problem bei seiner Gerölluntersuchung eingehend erörterte, kam zu dem Schlusse, daß zur Ablagerungszeit der Gerölle im mittleren Miocän, südlich oder südöstlich des Molassemeeres, ein großes Flyschgebirge mit roten Graniten und den mittleren alpinen Decken sich ausdehnte, und die exotischen Granite des Flysches entweder als Decke oder in primärer Form als Vindelizisches Gebirge vorhanden waren.

Merkwürdig ist, daß in dem von Schmiedle beschriebenen Geröllhorizont die Komponente der Flyschgerölle 57,64 % beträgt, während diese in Baltringen fast völlig fehlen, und andererseits auch in Stetten etc. und Benken nur schwach vertreten sind. In Benken wie in Baltringen finden sich dagegen rote Granite und Granitporphyre ungemein zahlreich. Dieses eigentümliche Verhältnis der Flyschgerölle zu den roten Graniten scheint mir darauf hinzuweisen, daß im großen ganzen die Geröllablagerungen nicht als schlankweg vom

Flysch herstammend bezeichnet werden dürfen, wenn auch zweifellos ein Teil wenigstens diesen Ursprung hat. Gerade das ungemein häufige Auftreten von roten Graniten und Granitporphyren in der bunten Nagelfluh in z. T. ziemlich großen Geröllen und vor allem die große Verwandtschaft dieser Gerölle mit heute im Schwarzwald anstehenden Gesteinen spricht meines Erachtens unbedingt dafür, daß sie Aufbereitungsprodukte des mutmaßlichen Vindelizischen Gebirges darstellen. Hinzuweisen wäre hier noch auf einige Gneise und Granitgerölle, die den Granitgneisen des südlichen Schwarzwaldes angehören.

Zur Genesis der pisolithischen Gebilde.

In den Ablagerungen der verschiedenen Tertiärperioden finden sich fast durchweg am Strande kleinerer und größerer Becken eigentümliche runde oder knauerige konkretionsartige Gebilde, die sogen. Pisolithe, entweder als einzelne Kugeln oder aber zu größeren unregelmäßigen Klumpen verkittet, mitunter auch in Form von brecciösen Kalken. Die Größe dieser Gebilde schwankt von Stecknadelkopfgröße bis nahezu Faustgröße. Meist zeigen sie etwas unregelmäßige Formen, besonders in den Knauern und Kalken, während sie in den roten Mergeln häufig nahezu kugelig ausgebildet sind. Quenstedt erklärt diese Bildungen als durch Übersinterung entstanden nach Art der Sprudelsteine[1]. ebenso beschreiben sie auch Lepsius und Reuss aus dem Mainzer Becken als lokale Quellsinterbildungen. Und O. Fraas[2] schreibt über die Pisolithbildung bei Besprechung der Stubersheimer pisolithischen Mergel: „Die Kalkpisolithe dieses Ortes zusammen mit den blutroten Tonen machen den Eindruck von unfertigen Bohnerzgebilden, lassen aber über das geologische Zusammengehören beider keinen Zweifel. Sie erschienen als Niederschläge am alten Tertiärufer, das gleich den heutigen Meeresufern hier Geschiebe führte, dort Sand und Schlamm in eisenhaltigen Lagunen an einer tropischen Küste durch Agglomeration Kalkpisolithe und Bohnerz bildete.“ Auch Engel betrachtet Pisolith- und Bohnerzbildung als analog, wohl im Hinblick auf die frühere Ansicht über das Entstehen der Bohnerze als Sinterbildung aus eisenhaltigen Quellen. Der Unterschied im Aufbau ist jedoch so augenfällig, daß wir unbedingt diese beiden Bildungen scharf trennen müssen; allerdings

[1] Einzig die Laichinger Pisolithe stellen typische Sprudelsteinbildungen dar.
[2] Begleitworte zu Blatt Heidenheim. 1874. S. 11.

sind manche Pisolithe, besonders in den roten Mergeln, intensiv rot gefärbt, sie stellen jedoch rein kalkige Gebilde dar, während die Bohnerze, die bekanntlich durch Sekretionsbildungen in lateritischer Grundmasse gebildet werden, ein Kieselskelett besitzen. Häufig enthalten auch die Pisolithe Steinkerne von Heliciden als Einschlüsse. Meist handelt es sich hier um Gebilde mit einem dichten Kern, der von einer mehr oder weniger stark konzentrischen Schale umrindet ist. Der eigentliche Mittelpunkt fällt fast nie mit dem geometrischen zusammen. Zu betonen ist noch das Fehlen jeglicher radialen Faserung.

Die Pisolithe aus den roten Mergeln vom Zollhaus bei Randen bilden mehr oder weniger regelmäßige rundliche Knollen. Im Innern besitzen sie eine kompakte Kernmasse, die Struktur besteht hauptsächlich aus sehr feinen konzentrischen Schalen von z. T. glasheller dichter, z. T. pigmentierter und weniger dichter Substanz. Die Gebilde sind teilweise walzen- bis eiförmig, andere wieder kugelrund. Die Breite der konzentrisch-schaligen Umhüllung schwankt bei den einzelnen Stücken sehr stark. Nicht selten finden sich als Kerne *Helix*-Steinkerne, die ebenfalls mit einer schaligen Kruste umhüllt sind. Im Dünnschliff erweisen sie sich als zusammengesetzt aus meist mikroskopisch kleinen pseudoolithischen Gebilden von verschiedener Größe, die durch Beimengung von Eisenhydroxyd meist rötlich gefärbt sind. Seltener finden sich Kalktrümmer von unregelmäßiger Form oder aber Mineralfragmente, die mit einer Kalkkruste umrindet sind. Diese sind alle eingebettet in eine feinkörnig-wolkige Grundmasse, die zuweilen auch grobkristallin ausgebildet ist; diese grobkristallinen Stellen sind fast durchweg hell gefärbt. Mitunter enthalten die Pisolithe auch kleine Pisolithe im Innern, meist nur aus Kern und schwacher Kruste bestehend. Gelegentlich finden sich Spuren von Schwefelkies und winzige Kügelchen von brauneisenartiger Substanz. Während das Innere eine regellose Zusammenballung darstellt, ist nach außen hin in den konzentrisch-schaligen Lagen die Grenze der Zonen bald scharf, bald verschwommen ausgebildet; meist zeigen die verschiedenen Zonen auch eine schwache Verschiedenheit in der Färbung. Bei Färbung durch beigemengtes Eisenhydroxyd sind die einzelnen Lagen sehr schön zu beobachten, während in den aus reinem Calcit gebildeten Pisolithen die Struktur nur undeutlich zu beobachten ist. Die einzelnen Schalen zeigen nicht wie bei den Oolithen eine wohlgebildete konzentrische Ausbildung, sondern sind verschieden dick und zeigen eine Art von gewellter

Struktur, welche beim Alternieren von hellen und stark pigmentierten Lagen prächtig zum Ausdruck kommt.

Die Pisolithe aus den roten Mergeln von Bergach lösen sich vollständig in verdünnter Salzsäure auf, unter Hinterlassung eines geringen tonigen Rückstands und einiger weniger Mineralfragmente. Sie, wie auch die Pisolithe von anderen Fundorten, weisen einen geringen Gehalt von Phosphorsäure auf. Sie enthalten meist einen schon mikroskopisch deutlich hervortretenden Kern oder auch mehrere kleine Kerne. Häufig sind die großen Kerne von einer im Verhältnis zurücktretenden Hülle umgeben; die unregelmäßige Form des Kerns wird durch die Hülle ausgeglichen. Eingelagert sind kleine Bohnerzkörnchen und Calcitfragmente mit Hämatit. Im Dünnschliff zeigen sie ebenfalls eine vorwiegend feinkörnig-wolkige Grundmasse mit zahlreichen pseudoolithischen Gebilden. Sie enthalten fast keine Mineraleinschlüsse, dagegen gelegentlich kleinere und kalkige Kügelchen unregelmäßig verteilt. Häufig finden sich Heliciden eingerollt.

Am interessantesten und vielseitigsten ist die Ausbildung in den pisolithischen Kalken, wie z. B. bei den Äpfinger—Walpertshofener Bildungen. In der Grenzschicht, „den roten Mergeln", finden sich zahllose Kalkkonkretionen in jeder erdenklichen Form, walzenförmig kugelig, ellipsoid, ganz unregelmäßig. Zuweilen sind sie zusammengeballt zu einem Aggregat mehrerer Knollen, und bilden so mitunter die bizarrsten Gebilde. Gelegentlich läßt sich auch krustenförmige Entwicklung beobachten, so stellen manche Knauer Umkrustung von Tonklumpen dar. Die pisolithischen Kalke selber bilden keine durchgehende Schicht, sondern bestehen aus lauter einzelnen größeren und kleineren Massen.

Bei der Anwitterung zeigen sie oberflächlich eine gekröseartige Ausbildung. Die meisten pisolithischen Knauer zeigen bei der mikroskopischen Betrachtung eine Art Achatstruktur, die durch den Wechsel von mehr oder weniger gelb und rötlich gefärbter und heller Schalenbänder erzeugt wird. Die bunte Färbung ist natürlich auf verschiedene Oxydationsstufen von Eisenverbindungen zurückzuführen. Die Bänder sind nicht gleichförmig entwickelt, an manchen Stellen sind sie viel zahlreicher vorhanden, an anderen fehlen sie fast völlig, und fast durchweg sind sie verschieden breit. Die Größe der einzelnen Gebilde schwankt sehr, die mittleren zeigen etwa 1,5—0,5 cm im Durchmesser. Im Innern besitzen sie fast durchweg einen gleichförmigen Kern, der von einer ungemein stark ent-

wickelten Schale umgeben ist. Bei der Anwitterung tritt die schalige Ausbildung sehr stark hervor. Ungeheuer zahlreich und in ganz unregelmäßiger Verteilung, sowohl im Kern als auch in den Schalenteilen, enthalten sie Einschlüsse von Mineralfragmenten. Die Fragmente sind durchweg sehr klein, und sind ganz regellos in die Grundmasse eingebettet. Es findet keine Umkrustung statt, wie dies z. B. beim Karlsbader Sprudelstein der Fall ist. Die Pisolithe zeigen im Dünnschliff ebenfalls eine feinkörnig-wolkig calcitische Grundmasse mit zahlreich eingelagerten pseudoolithischen Gebilden, selten ist der Calcit grobkristallin ausgebildet. (S. Taf. XI, Fig. 6.) Schale und Kern bestehen aus derselben Substanz, nur sind die einzelnen Krusten durch mehr oder weniger zahlreich beigemengtes Pigment getrübt. Nirgends zeigen die Ränder eine Orientierung wie z. B. die Karlsbader Sprudelsteine, sondern die sie bildende Substanz bildet ein regellos verfilztes Aggregat. Prachtvoll entwickelt zeigen sie dagegen eine wellige Bildung, welche an die Fluidalstruktur mancher Gesteine erinnert, wie dies auch Abbildung 5 auf Taf. XI zeigt. Ganz dieselbe Ausbildung zeigen auch die krustenförmigen Überzüge über manche Knauern und Tongallen. In Salzsäure lösen sie sich bis auf einen tonigen flockigen Rückstand mit beigemengten Mineralfragmenten völlig auf. An Quarzen zeigen sich Regenerationserscheinungen, wobei die Neubildungen zahlreiche calcitische Mikrolithen einschließen. Die pisolithischen Kalke selber zeigen eine Art brecciöser Struktur; das kalkige Zement, das die einzelnen Pisolithe verkittet, besteht vorwiegend aus feinkörnig-wolkiger calcitischer Masse und enthält zahlreiche pseudoolithische Gebilde eingeschlossen.

Ganz ähnlich sind auch die pisolithischen Kalke von Hohenmemmingen ausgebildet; nur sind hier die einzelnen Pisolithe durchweg gleichmäßig als rundliche Kugeln mit konzentrischer Schalung von durchschnittlich gleicher Größe ausgebildet. Die übrigen mir vorliegenden Handstücke von pisolithischem Kalk zeigen alle Übergänge von einheitlicher bis zu ganz unregelmäßiger Ausbildung wie bei Baltringen.

Die vorliegenden Beobachtungen zeigen, daß diese sogen. Pisolithe nicht identisch sind mit den für gewöhnlich als Pisolithe oder Oolithe bezeichneten konkretionären Bildungen, sondern eine verschiedenartige Bildung darstellen. Bereits E. Fraas weist darauf hin: „Pisolithe sind nämlich anorganische, kugelförmige Quellabsätze wie der Erbsenstein von Karlsbad oder Laichingen; hier handelt es

sich aber um große kugelige Gebilde von schaligem Aufbau, deren Ursprung organisch ist, und auf Algen aus der Gruppe der Codiaceen zurückgeführt werden muß.“ Wie die vorhergehende Beschreibung der Pisolithe zeigt, fehlen aber bei diesen Gebilden jegliche darauf hinweisenden Strukturverhältnisse, vor allem die für die Algen charakteristischen Schläuche, und so müssen wir auch diese Gebilde als rein anorganischen Ursprungs ansehen. Die Kernmasse stellt lediglich eine Zusammenballung von Kalkschlamm dar, dieser verhärtet und wird an den flachen Ufern hin und her gerollt, wobei sich aus dem kalkig-schlammigen Wasser eine kalkige Kruste um den Kern niederschlägt, die mehr und mehr weiterwächst. Die Fluidalstruktur der Schalenblätter gerade weist auf eine Rollung hin, und entstand dadurch, daß der sich verhärtende Kalkschlamm bei der Rollung den Unebenheiten des Bodens sich anpaßt. Die z. T. ungleichmäßige Ausbildung der Schalenkrusten bei einzelnen Gebilden weist auf nur teilweise Rollung hin. Und weiter müssen wir annehmen, daß, wenn die Pisolithe eine gewisse Größe erreicht hatten, sie vom Wasser nicht mehr transportiert werden konnten. So erklärt sich die ziemliche Größe verschiedener Pisolithvorkommen. Ebenso werden *Helix*-Steinkerne auf diese Weise eingehüllt, und ganz ähnlich haben sich wohl auch die krustenförmigen Überzüge gebildet. Eine ähnliche Bildung wird aus amerikanischen, langsam fließenden Gewässern beschrieben: „Aus dem mit Tontrübe übersättigten Wasser schlägt sich der Ton wie der Rahm in der Milch sich zusammenballend nieder, sich zu größeren Klumpen und Knollen vereinigend, die vom Fluß langsam weitergerollt werden und durch Aufnehmen von Sand eine größere Festigkeit erhalten.“

Im Gegensatz zu diesen Bildungen finden sich in den obermiocänen Kalken von Engelswies eigenartige Gebilde, die unter Mitwirkung von Algen entstanden sind. Die dort sich findenden Petrefakten, vorwiegend *Neritina*, *Melania*, *Melanopsis* und *Limnaeus*, sind eigentümlicherweise „mumifiziert“ erhalten. Die meist hohlen Muscheln sind vollständig von einer schaligen kalkigen Kruste eingehüllt; diese ist meist so dünn, daß die Form des Fossils noch deutlich erkennbar ist. Es handelt sich hier um Mumienbildung, d. h. um vollständige Einhüllung von Schalenresten durch andere Organismen unter teilweiser Beibehaltung der Form des eingeschlossenen Körpers. Die Schale wird von der umhüllenden Substanz in sehr regelmäßiger Form umkrustet, ganz ähnlich wie bei den Pisolithen, nur im Gegensatz dazu ganz konzentrisch-schalig. Eigentümlich ist

der Verlauf der einzelnen Schalenbänder, sie zeigen eine wellig gesäumte Form, die durch regelmäßig auftretende warzenförmige Bildungen erzeugt wird. Bei starker Vergrößerung zeigen diese Gebilde eine regellos verfilzte wolkig-feinkörnige Grundmasse mit kleinen grobkristallinen Flecken. Sie bestehen völlig aus kohlensaurem Kalk und besitzen keinerlei Pigmentierung, so daß die einzelnen Krusten nicht so deutlich hervortreten. An den Stellen mit warzenförmiger Erhöhung zeigt sich eine Anzahl dieser Erhöhung parallel entsprechenden Linien, die sich nach innen zu verengern und an Querschnitten durch Algenschläuche erinnern. Mikroskopisch betrachtet, beobachtet man an Querschnitten durch die Mumie an einzelnen Schalen radiale Bälkchen von dichter Masse, dazwischen durchsichtigen Calcit. Die radialen Bälkchen stellen wohl Faserstränge dar und sind hier ziemlich parallel angeordnet. So beobachtet man im Schliff meist ein paar solch radialer Bälkchen intermittierend mit einer oder mehreren des welligen Saumes. Die Faserzüge und die Zwischenräume sind äußerst fein ausgebildet, und da der ganze Körper von Gesteinsmasse durchdrungen ist, so ist es nicht möglich, die Gebilde näher zu bestimmen.

Neben diesen Mumien finden sich auch unregelmäßig und lang- oder kurzzylindrische runde Körper. Im Innern sind sie völlig leer, dagegen zeigt die Schale denselben Aufbau wie die der Mumien. Sie scheinen wohl als Umkrustungen von Pflanzenresten aufzufassen sein.

Weiterhin besitze ich vom gleichen Fundort ein unregelmäßig kugelförmiges Gebilde, das ebenfalls einen ziemlich dünnen analogen Schalenteil besitzt, und deren Kern aus mehr oder minder parallel geordneten, stets etwas gekrümmten, röhrenförmigen Gebilden besteht. Sie bestehen aus einem feinkörnig-wolkigen Kalk; der Raum zwischen den einzelnen Röhren ist entweder von grobkristallinem Calcit erfüllt, oder ist auch ganz leer. Hinzuweisen wäre noch darauf, daß die einzelnen Zonen der Schale ungleichmäßig dünner und dicker ausgebildet sind.

Eine Erklärung dieser Bildung gibt eine Beobachtung von O. Fraas[1] im August 1882 an der Kalktuffstelle zwischen dem Storchenhaus und Kümmerazhofen (OA. Ravensburg). Er beobachtete hier die Entwicklung einer Chaetophoracee der *Draparnaldia* Ag. von den ersten hauchartigen Anflügen bis zur Steinknollenbildung. Späne und Splitter einer dort geschlagenen Tanne wurden von der

[1] Begleitworte zu Blatt Ravensburg und Tettnang. Stuttgart 1883. S. 13.

schleimigen Alge vollständig überzogen, teils siedelten sich neue an in Gestalt von einfachen, mit dem Auge kaum sichtbaren Schleimpünktchen. Aus den anfangs kaum sichtbaren Gallertflecken wird ein kleines linsenförmiges Polster von Schlauchspitzen. Die linsenförmige Alge wächst nun weiter, sammelt zwischen den einzelnen Schläuchen glänzend helle durchsichtige Kalkkörperchen an, die durch den Schleim, aus den Schläuchen gekittet, ein immer festeres Substrat für die Pölsterchen abgeben. Sie werden rasch erbsengroß, wie kleine Bohnen, Kirschen oder Nüsse, und später ballen sich die abgesetzten Kalkkörperchen zu kleinen Knauern zusammen. Schneidet man eines der grauen, schlüpfrigen Knöllchen in der Mitte entzwei, so liegen in konzentrischer Anordnung Halbkreisbögen übereinander je von 2—3 mm Durchmesser. Nimmt der Knauer durch Zufall eine andere Lage ein, so entstehen abgerundete Knauer, vollständig konzentrisch-schalig, die in ihrem Kern verhärten, auf der Außenseite aber noch schlüpfrige Algen sind. Daß die Alge jeden Gegenstand, Stroh- und andere Hälmchen, Tannenzweige mit ihren Nadeln, Zapfen mit ihren Schuppen, überhaupt Gegenstände von der verschiedensten Gestalt überzieht und inkrustiert, versteht sich nahezu von selbst. Wir finden daher die merkwürdigsten Gestalten meist röhrenförmiger Art, wenn der Körper selbst in der Kalkhülle zugrunde gegangen ist.

Eine ähnliche Bildung von Mumien oder Oolithpuppen beschreibt Steinmann aus den südlichsten Juraablagerungen des Elsaß (Pfirt), aus dem Breisgau (Badenweiler), von Muttenz und Delsberg, welche sich über dem mächtigen Oolith mit *Ostrea acuminata* und *Echinobrissus Bengeri* in einen unter mergeligen und oben kalkigen Bank finden. Hier handelt es sich um Umhüllungen von großen Fossilien von Nerineen, Stacheln von Echiniden, Molluskenschalen usw. „Die umgebenden Hüllen, die zuweilen so dünn sind, daß die Form des eingeschlossenen Fossils noch deutlich erkennbar ist, sind von Phaetronen gebildete Netzwerke.“ Die Puppen von Badenweiler sind meist roh verkieselt. Auch in den älteren Tertiärbildungen von S. Giovanni Ilarione im Vicentin finden sich nach Steinmann solche Mumienbildungen. Allein der umhüllende Organismus war in diesem Fall kein Tier, sondern ein Vertreter der kalkabsondernden Florideen, ein *Lithothamnium*. Weiterhin können nach Steinmann dieselben Bildungen auch auf anorganischem Weg durch einfache Inkrustation von kohlensaurem Kalk hervorgerufen werden; er erwähnt solche aus Bächen, welche durch Kalkmergel des Keupers fließen.

Einzuschalten nach S. 343.

Literatur.

Bach: Geognostische Karte von Württemberg. 1860.
Eiszeit. Ein Beitrag zur Kenntnis der geologischen Verhältnisse in Oberschwaben. Diese Jahresh. 1869.

Baur: Über den Bohrversuch auf Braunkohlen in Ochsenhausen. Schwäb. Kronik 1879. 17. Jan. No. 15.

— Über die Bohrung in Ochsenhausen. Schwäb. Kronik 1881. 3. Febr. No. 28.

Beck, Paul: Berner Kalkalpen und die Entstehung der subalpinen Nagelfluh. Eclogae Helv. Vol. XI. 1911.

Brady: Report on the scientific results of the Voyage of H. M. S. Challenger. Zoology. Vol. IX. London 1884.

Cayeux: Contributions à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. Soc min. du Nord. Lille 1897.

Collet et Lee: Recherches sur la Glauconie. Proceedings of the Roy. soc. of Edinburgh. 1906. Bd. 26.

Deicke: Bildung der Molassegesteine in der Schweiz. Neues Jahrbuch f. Min. 1864.

Déperêt: Note sur la classification et le parallelisme du système miocène. Bulletin de la soc. geol. de France 1892.

Doss: Über die Natur und Zusammensetzung des in miocänen Tonen des Gouv. Samara auftretenden Schwefeleisens. Neues Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. 32. 1912.

Engel: Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. Stuttgart 1908. 3. Aufl.

Fraas, Eb.: Die geologischen Verhältnisse des Oberamts Ulm in Beschreibung des Oberamts Ulm, herausgegeben vom Kgl. Württ. stat. Landesamt. 1897.

— Die Tertiärbildungen am Albrand in der Ulmer Gegend. Diese Jahresh. 1911. 67. Jahrg.

Frey: Zur Heimatbestimmung der Nagelfluh. Beilage zum Jahresbericht 1892 über das städtische Gymnasium in Bern.

Früh: Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluhe der Schweiz. Denkschriften der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Bd. XXX. 1888.

Gardener: The physical origin of certain concretions. Journal of Geology. 16. Chicago 1908.

Geognostische Karte von Württemberg im Maßstab 1 : 50 000. Hiezu die Begleitworte.

Graber: Eisenreiche Kernkonkretionen aus dem Quadersandstein der nordböhmischen Kreideplatte. Neues Jahrbuch f. Min. Beil.-Bd. 25. 1908.

Gümbel: Geologie von Bayern.

Gutmann: Gliederung der Molasse und Tektonik des östlichen Hegaus. Mitteilungen der bad. geol. Landesanstalt. VII. Bd.

Gutzwiller: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung 14 u. 19. Molasse und jüngere Ablagerungen.

— Die eocänen Süßwasserkalke im Plateaujura bei Basel. Abhandlungen der schweiz. paläontol. Ges. Vol. XXXII. 1905. Zürich.

Heer: Die Urwelt der Schweiz. 2. Aufl.

Heim, A.: Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch nebst einigen Bemerkungen über die subalpine Nagelfluh. Eclog. Helv. IX. Bd. 1906.

Lang: Das vindelizische Gebirge zur Keuperzeit. Diese Jahresh. 1911. Bd. 67.

Leube: Beiträge zur Kunde der Jura- und Süßwasserkalke, insbesondere der jüngsten Süßwasser- und Kreideformation. Ulm 1839.

Leuze: Die Citharellenkalke und der Grobkalk des Randen. Inaug.-Dissert. Tübingen. Manuskript.

Linden, Gräfin v.: Die Indusienkalke der Hürbe. Berichte des oberrhein. geol. Vereins. 1890.

Miller, Konrad: Das Molassemeer in der Bodenseegegend. 1877. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung.

— Foraminiferen in der schwäbisch-schweizerischen miocänen Meeresmolasse als Leitfossilien. Diese Jahresh. 1877. Bd. 33.

— Das Tertiär am Hochsträß. Diese Jahresh. 1871. Bd. 27.

— Die Tiefbohrung in Ochsenhausen in den Jahren 1876—1884. Sonntagsbeilage zum Deutschen Volksblatt. No. 15. 16. April 1899.

Murray and Renards: Report on Deep Sea. Deposits based on the specimen collected during the Voyage of H. M. S. Challenger. London 1891.

d'Orbigny: Foraminifères fossiles du Bassin de Vienne. Paris 1846.

Probst: Geognostische Skizze der Umgegend von Biberach. Diese Jahresh. 1866.

— Fossile Meeres- und Brackwasser-Conchylien nebst Vergleichung der Schichtenfolge. Diese Jahresh. 1871.

— Verzeichnis der Flora und Fauna der oberschwäbischen Molasse. Diese Jahresh. 1879.

— Über einige Lokalitäten in der oberschwäbischen Molasse. Diese Jahresh. 1888.

— Früherer u. jetziger Stand der Geologie in Oberschwaben. Diese Jahresh. 1894.

— Bedeutung der Versteinerungen der oberschwäbischen Meeresmolasse. Diese Jahresh. 1895.

— Verzeichnisse zur Bibliothek u. den Abhandlungen von Pfarrer Dr. J. Probst. Biberach 1904.

Regelmann: Trigonometrische Höhenbestimmungen u. Notizen über den Gebirgsbau für die Atlasblätter Ehingen, Laupheim und Riedlingen. Stuttgart 1877.

— Trigonometrische und thermometrische Höhenbestimmungen für die Atlasblätter Biberach, Ochsenhausen und Saulgau. Stuttgart 1882.

Reuss: Katalog der Eserschen Sammlung. Gymnasialprogramm Ulm 1850.

Reyer: Zur naturwissenschaftlichen Kenntnis Oberschwabens. Gymnasialprogramm Ehingen 1852.

Rollier: Révision de la Stratigraphie et de la Tectonique de la Molasse au Nord des Alpes en général et de la Molasse subalpine suisse en particulier. Neue Denkschriften der schweiz. naturforsch. Gesellschaft. Bd. 96. Abh. 1. 1911.

Rosenbusch: Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Bd. I und II. Stuttgart 1904.

Rühl.: Tertiäre und quartäre Ablagerungen im Bezirk Schwaben. 32. Bericht des naturwissenschaftl. Vereins für Schwaben und Neuburg.

Schad, Jos.: Beitrag zur Kenntnis des Tertiärs am Landgericht und Hochsträß. Diese Jahresh. 1908.

— Die Grenze des mitteloligocänen Meeres in Schwaben. Jahresbericht u. Mitteilungen des oberrheinischen geolog. Vereins. Jahrg. 1913. Bd. 3.

Schalch: Über einige Tertiärbildungen der Umgegend von Schaffhausen. Neues Jahrbuch f. Min. 1881.

— Die Molasse der Überlinger Halbinsel u. im badischen Seekreis. Mitteilungen der badischen geol. Landesanstalt. 1903.

Schalch u. Gutzwiller: Zur Altersfrage des Randengrobkalks und der Austernagelfluh. Centralblatt f. Min. etc. Stuttgart 1904.

Schill: Die Tertiär- und Quartärbildungen am nördlichen Hegau. Diese Jahreshefte 1859.

Schmiedle: Über Gerölle in der marinen Molasse bei Überlingen. Mitteilungen der bad. geol. Landesanstalt. VII. Bd. 1912.

Schütze: Fauna der schwäbischen Meeresmolasse. I. Teil. Spongien und Echinodermen. Diese Jahresh. 1904.

Steinmann: Geologische Probleme des Alpengebirges. Eine Einführung in das Verständnis des Gebirgsbaus der Alpen. Jahresh. des deutsch-österreichischen Alpenvereins. 1906. Bd. 37. Innsbruck.

— Über Schalen- und Kalksteinbildung. Berichte der naturforsch. Ges. zu Freiburg in Baden. Band IV, 1889, S. 288.

Studer: Monographie der Molasse. 1825.

— Geologie der Schweiz. II. Bd. 1853.

Württemberger, Th.: Der Überlinger Eisenbahntunnel und seine Bedeutung für die Bodensee-Geologie. Mitt. d. Thurgauer Naturforsch. Gesellschaft. Heft 14. Frauenfeld 1900.

Walther, Joh.: Lehrbuch der Geologie Deutschlands. 1910.

In den Kreis dieser Bildungen gehören auch die von Maria Gräfin von Linden beobachteten Indusienkalke der Hürbe[1]. An einer Stelle des Hürbebettes fanden sich zahlreiche eigentümliche Kalkkugeln von Erbsengröße bis zu einem Durchmesser von 33—36 cm. Die Kugeln sind konzentrisch-schalig gebaut, indem sich um einen Kern, der entweder aus gleichartiger Substanz oder aus einem fremden Geschiebe besteht, kreisförmige, mitunter auch elliptische Ringe lagern, die meistens mit wachsendem Radius und stets auf dem nach oben gekehrten Segment zunehmen. In der Umgebung des Kernes ist die Gesteinsmasse dicht und körnig, verliert jedoch in den jüngeren Schichten diese Beschaffenheit mehr und mehr und zeigt in den peripherischen Regionen nicht selten röhrenförmige Struktur. Während nun im allgemeinen das Gefüge der aufeinanderfolgenden Schichten gegen außen hin locker wird, ist es auffallend, daß regelmäßig vor jedem neuen Schichtensatz eine Verdichtung der Gesteinsmasse stattfindet, so daß im Querschnitt die einzelnen Ringe durch wenige Millimeter hohe Streifen von größerer Dichte deutlich begrenzt sind. Nach den Beobachtungen der Verfasserin beteiligen sich Phryganeen und Algen bei der Bildung der Knollen.

[1] Die Indusienkalke der Hürbe. Bericht des oberrheinisch-geolog. Vereins 1890. S. 17.

Fig. 1. Muschelsandsteinbruch bei Äpfingen.

Fig. 2. Derselbe.

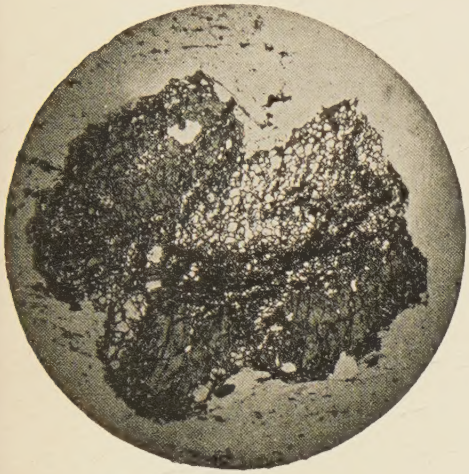

Fig. 3. Granat mit Maschenstruktur aus einem Quarzitgeröll von Stetten (vergl. S. 330). (Der helle Teil ist Quarz, die schwarzen Flecken Titaneisen.)

Fig. 4. Pseudoolithe aus dem *Rugulosa*-Kalk von Ehingen. (Der helle Teil ist grobkristalliner Calcit.)

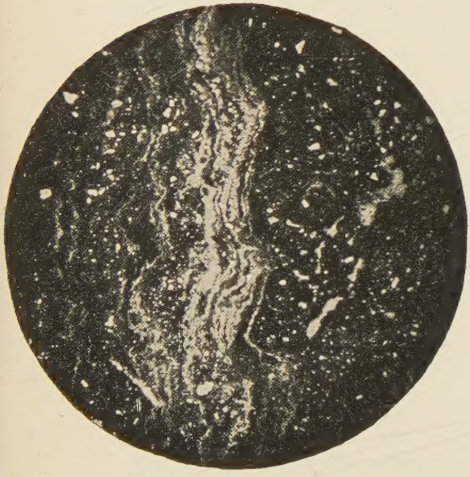

Fig. 5. Dünnschliff durch den äußeren Schalenteil eines Pisoliths von Mietingen (vergl. S. 339).

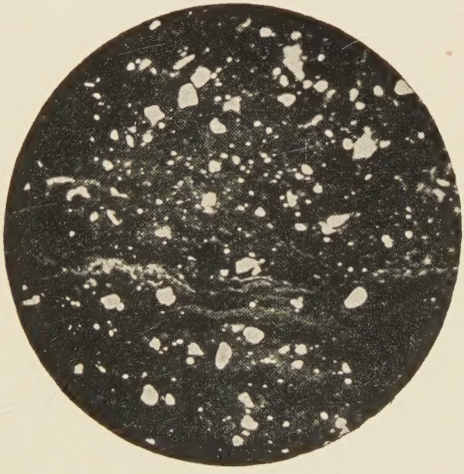

Fig. 6. Pisolith von Walpertshofen (vergl. S. 339).